

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**LIBEREC 2010**

**KRISTÝNA HOLEMÁ**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: B3107 Textil

Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

**VLIV TEPLoty A VLHKOSTI VZDUCHU  
NA MĚŘENÍ TERMOFYZIOLOGICKÝCH  
VLASTNOSTÍ TEXTILIÍ POMOCÍ SKIN MODELU**

-

**THE EFFECT OF AIR TEMPERATURE AND  
AIR HUMIDITY ON MEASURING  
OF THERMO-PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS  
OF TEXTILES WITH SKIN MODEL**

Kristýna Holemá

KHT - 704

**Vedoucí bakalářské práce:** Prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu... 43

Počet obrázků..... 4

Počet tabulek..... 7

Počet grafů ..... 6

Počet stran příloh . 4

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristýna HOLEMÁ**  
Studijní program: **B3107 Textil**  
Studijní obor: **Textilní marketing**  
Název tématu: **Vliv teploty a vlhkosti vzduchu na měření  
termofyziologických vlastností textilií pomocí Skin Modelu**  
Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte přehled termofyziologických vlastností textilií a způsobů jejich hodnocení, včetně vysvětlení základních vztahů. Detailně popište související normu ISO 11092.
2. Opatřete vzorky tkanin ze 100% polypropylenu, polyesteru a bavlny o plošné hmotnosti cca 200 g/m<sup>2</sup>.
3. Stanovte výparný odpor všech zmíněných vzorků na přístroji PERMETEST, a to jednak při teplotě vzduchu v laboratoři, a dále pak při teplotě okolí 28°C a 35°C. Při obou zvýšených teplotách bude měřicí přístroj vložen do klimatizované komory instalované na KHT a vlhkost vzduchu bude 40% a 60%.
4. Výsledná měření vyhodnoťte statisticky a naměřené hodnoty použijte k sestavení regresních závislostí výparného odporu a relativní paropropustnosti tkanin na teplotách měření a na relativní vlhkosti vzduchu při měření.
5. Výsledky měření zobecněte a pomocí jednoduchého tepelného modelu přístroje PERME-TEST zdůvodněte případný vliv teploty a vlhkosti při měření na rozdíly hodnot výparného odporu při měření tkanin o různém materiálovém složení.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

30 - 40 stran

Forma zpracování bakalářské práce:

tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum TUL - FT, 2005

Kuneš J. a kol. : Tepelné bariéry, Academia 2003

Vedoucí bakalářské práce:

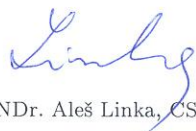
prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.  
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání bakalářské práce:

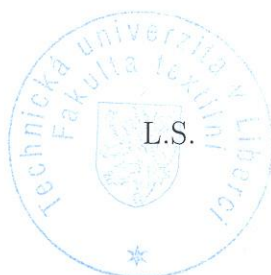
30. října 2009

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. května 2010



prof. RNDr. Aleš Linka, CSc.  
děkan



Ing. Vladimír Bajzík  
vedoucí katedry

V Liberci dne 30. října 2009

## PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce Prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc. za odbornou pomoc, rady při používání přístroje PERMETEST a připomínky týkající se obsahu práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Pavle Vozkové za pomoc při používání klimatické komory Vötsch.

Mé díky patří také nejmenované Liberecko-jablonecké značce za poskytnutí detailních údajů pro mou práci. Děkuji také firmám DIRECT ALPINE a Loap za reakci a odpověď na dotazy. V neposlední řadě děkuji své rodině za psychickou i finanční podporu.

## ANOTACE

Tato bakalářská práce pojednává o termofyziologických vlastnostech textilií, konkrétně o výparném odporu. Měření bylo provedeno na Skin Modelu PERMETEST při třech různých teplotách a dvou různých vlhkostech.

Cílem bakalářské práce je zjistit závislost výparného odporu na různé teplotě a vlhkosti a následné určení optimální teploty a vlhkosti pro měření. Také byl proveden průzkum u českých výrobců outdoorového oblečení za účelem zjištění, jakým způsobem testují komfort svých výrobků.

## ANNOTATION

The content of this study is about thermo-physiological character of textiles, mainly about evaporative resistance . Measurements were made by using PC evaluated instrument Permetest at three different temperatures and at two different air humidities.

The aim of this study is to find variety of evaporative resistance at different temperature and air humidity and to find optimal temperature and air humidity for measurement. This study is also a guide research for Czech companies which are producing outdoor textiles, in order to find out which method they are using for testing comfort of their products.

## KLÍČOVÁ SLOVA:

Termofyziologický komfort

Výparný odpor

Prodyšnost

PERMETEST

TEXTTEST FX 3300

Klimatická komora Vötsch

## KEY WORDS:

Thermo-physiological character

Evaporative resistance

Air permeability

PERMETEST

TEXTTEST FX 3300

Climate control chamber Vötsch



## OBSAH

ÚVOD .....	4
1. TEORETICKÁ ČÁST .....	5
1.1 Lidská kůže.....	5
1.1.1 Složení.....	5
1.1.2 Funkce .....	5
1.2 Funkce lidského těla .....	6
1.2.1 Termoregulační systém .....	6
1.2.2 Zdroj energie .....	6
1.2.3 Tělesná teplota.....	6
1.2.4 Úroveň pocení .....	7
1.2.5 Odvod tepla .....	8
1.2.5.1 Kondukci .....	8
1.2.5.2 Konvekci.....	8
1.2.5.3 Radiaci .....	9
1.2.6 Odvod kapalné vlhkosti.....	10
1.2.6.1 Difúzi .....	10
1.2.6.2 Kapilárně .....	11
1.2.6.3 Sorpci.....	11
1.3 Komfort odívání .....	11
1.3.1 Definice .....	11
1.3.2 Termofyziologický komfort .....	12
1.3.2.1 Tepelný odpor.....	12
1.3.2.2 Výparný odpor .....	12
1.3.2.3 Index propustnosti vodních par .....	13
1.3.3 Metody měření termofyziologického komfortu .....	13
1.3.3.1 Gravimetrická metoda .....	13
1.3.3.2 Metoda DREO .....	14
1.3.3.3 SKIN MODEL.....	14

1.3.4	PERMETEST .....	15
1.3.5	Alambeta .....	21
1.3.6	Potíací torzo .....	22
1.3.7	Tepelný manekýn .....	22
1.3.8	TEXTTEST FX 3300 .....	23
1.3.9	Klimatická komora Vötsch VC 0018 .....	23
2.	PRAKTICKÁ ČÁST .....	24
2.1	Popis testovaných vzorků materiálu .....	24
2.1.1	Charakteristika použitých vláken .....	25
2.1.2	Ukázka jednotlivých vzorků.....	27
2.2	Měření výparného odporu pomocí přístroje PERMETEST .....	30
2.2.1	Měření v klimatizované laboratoři .....	30
2.2.2	Měření v klimatické komoře .....	31
2.2.3	Výpočty .....	33
2.2.3.1	Variační koeficient CV .....	33
2.2.3.2	Směrodatná odchylka .....	33
2.2.3.3	Interval spolehlivosti .....	33
2.2.4	Výsledky měření .....	34
2.2.4.1	100% bavlna .....	34
2.2.4.2	100% polyester .....	35
2.2.4.3	100% polypropylen.....	36
2.2.5	Závěr z měření na PERMETESTU .....	37
2.3	Měření prodyšnosti pomocí přístroje TEXTTEST FX 3300 .....	38
2.3.1	Postup měření .....	38
2.3.2	Výsledky a vyhodnocení měření .....	39
2.3.2.1	100% bavlna .....	39
2.3.2.2	100% polyester .....	40
2.3.2.3	100% polypropylen.....	41

2.4	Průzkum mezi českými výrobci outdoorového oblečení.....	42
2.4.1	Popis průzkumu.....	42
2.4.2	Výsledky průzkumu .....	43
2.4.3	Liberecko - jablonecká značka .....	43
2.4.3.1	Testování paropropustnosti.....	44
2.4.3.2	Testování hydrostatické odolnosti .....	45
2.4.3.3	Testování zdravotní nezávadnosti textilií .....	45
2.4.3.4	Další způsob testování .....	45
2.4.3.5	Závěry z testování liberecko-jablonecké značky .....	45
2.4.4	Zjištěný závěr z průzkumu .....	46
POUŽITÁ LITERATURA.....		48
SEZNAM OBRÁZKŮ .....		49
SEZNAM TABULEK.....		49
SEZNAM GRAFŮ .....		49
SEZNAM PŘÍLOH .....		50

## ÚVOD

Tato práce se zabývá měřením vlastností textilií, spadající do termofyziologického komfortu – výparný odpor. Měření je provedeno na přístroji PERMETEST při teplotách porézního povrchu a proudícího vzduchu v kanálu – 22<sup>0</sup>, 28<sup>0</sup> a 35<sup>0</sup>C. Relativní vlhkost vzduchu bude 40% a 65%. Dále bude měřena prodyšnost stejných vzorků pomocí přístroje TEXTTEST FX 3300.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou vysvětleny pojmy vztahující se k tématu. Tedy co je to komfort, jeho rozdělení a podrobný popis termofyziologického komfortu. Význam slova paropropustnost a výparný odpor. Jelikož téma velmi úzce souvisí s činností lidského těla, jsou zde popsány jeho základní funkce. Také budou popsány metody a přístroje používané pro měření.

V praktické části budou popsány typy měřených vzorků a stručný popis vlastností vláken, ze kterých jsou vyrobeny. V tabulkách a grafech budou zobrazeny výsledky z měření na PERMETESTU a TEXTESTU FX 3300 a jejich následné vyhodnocení. Na konci praktické části je provedeno vyhodnocení průzkumu, které bylo zaměřeno na české výrobce outdoorového oblečení.

Pro měření termofyziologického komfortu není ustanovena jednotná teplota a vlhkost, kterou by se testovací centra řídily. Cílem této práce tedy je zjistit závislost výparného odporu na různých teplotách a vlhkostech. Pomocí průzkumu mezi českými výrobci outdoorového oblečení bylo cílem zjistit odpověď na otázku: „Jakým způsobem české textilní firmy testují kvalitu svých výrobků?“

## 1. TEORETICKÁ ČÁST

### 1.1 Lidská kůže

#### 1.1.1 Složení

Lidská kůže neboli epidermis, se řadí mezi největší lidský orgán, který tvoří asi 20% naší váhy. Je nepropustná pro vodu, ale částečně propustná pro tuky. Kůže je složena celkem ze tří vrstev. První, a to povrchovou vrstvou, je **pokožka - epidermis**. Tvoří obal lidského těla, odděluje tedy vnitřní prostředí organismu od prostředí vnějšího. Její tloušťka není na každé části těla stejná. Mění se od 0,4 – 4 mm. Nejslabší kůže je například na očních víčkách a nejsilnější na zádech. Pod pokožkou se nachází **škára – corium**, kde jsou uložena nervová zakončení. Třetí a poslední vrstvou je **podkožní buněčná tkáň – subcutis**. Tato vrstva izoluje a chrání svaly a nervy. Obsahuje tukové buňky, ve kterých se nachází energie a vitamíny – A, D, E a K. Jsou zde uložena čidla pro vnímání tlaku a tahu, podle Vater – Pacciniho pravidla. Tato vrstva určuje tvar a hmotnost lidského těla. Tuková vrstva u mužů představuje 16 - 22% váhy těla a u žen 22 - 34%. U žen tedy bývá tato vrstva silnější. [4]

#### 1.1.2 Funkce

- Ochranná: ochrana před vnikem škodlivin, mikroorganismů a UV záření
- Smyslová: pomocí nervových zakončení vnímá teplo, chlad a bolest
- Termoregulační: reguluje teplotu těla ( $36,6^{\circ}\text{C}$ )
- Skladovací: ukládá tuk, v němž jsou uloženy také vitamíny rozpustné v tucích
- Resorpční: přes kůži je možné do těla vpravit látky rozpuštěné v tukových rozpouštědlech, jsou to například masti
- Vylučovací: vylučuje škodlivé chemické látky z těla [4]

Jak již bylo zmíněno, lidská pokožka je schopna vnímat několik faktorů. Jde o tlak, bolest, chlad a teplo. Pro vnímání chladu a tepla používá dva různé receptory. Jsou uloženy jak v pokožce, tak v centrální nervové soustavě a v cévách vnitřních orgánů. Teplové receptory podle Ruffiniho jsou schopny vnímat teploty v rozsahu  $38 - 43^{\circ}\text{C}$ . Pokud teplota klesne pod  $35^{\circ}\text{C}$ , zareagují receptory chladu podle Krause. Nejnovější teorie říkají, že kožní chladové receptory ukončují nervová vlákna, která jsou uložena pod epitelem pokožky. Tepelné kožní receptory představují vlákna v horní a střední vrstvě škáry. Chladových receptorů je asi 8krát více než tepelných, tedy asi 140 000. [1]

Pokožka má, mimo jiné, také termoregulační funkci. Pomocí kožních cév a potních žláz udržuje tělu relativně konstantní teplotu. Pokud se nacházíme v teplém prostředí, nebo vykonáváme určitou práci, která znamená fyzické zatížení, naše cévy v těle se rozšiřují, dochází tak ke zvětšení průtoku krve a tím ke tvorbě tepla a k jeho následnému výdeji. Výdej tepla nastává prostřednictvím pocení. [1]

Vylučovací funkce je další neméně důležitou pro lidské tělo. Kůže spolu s ledvinami tvoří důležitý vylučovací orgán. Při zvýšení fyzické námahy, stoupne tělesná teplota organismu a pomocí potních žláz vyprodukuje tělo pot. Lidské tělo má celkem asi 2 miliony potních žláz rozmístěných po celé ploše těla. Nejvíce z nich jsou umístěny na ploškách chodidel a nohou. Proces pocení má také slabé dezinfekční účinky, neboť svou kyselou reakcí omezuje růst mikroorganismů. [1]

## 1.2 Funkce lidského těla

### 1.2.1 Termoregulační systém

Lidské tělo je takzvaným strojem pro tvorbu svého vlastního tepla, kdy největším zdrojem jsou játra. Jde o takzvaný termoregulační systém, tedy schopnost organismu udržovat stálou tělesnou teplotu. Organismus člověka je schopný samoregulace, kdy přirozeně vyrovnává množství tepla vytvořeného a tepla odevzdaného do okolí. Neoptimálnější teplota je 37°C, kdy jsou veškeré funkce orgánů harmonicky sladěné. [1]

### 1.2.2 Zdroj energie

Zdrojem energie pro lidský organismus jsou sacharidy, tuky a bílkoviny. Kaloricky nejbohatšími živinami jsou tuky. Hned po nich následují sacharidy neboli cukry. Bílkoviny představují stejnou energetickou hodnotu jako sacharidy, ale jako zdroj energie slouží pouze v krajních případech, kdy jiné zdroje chybí. [1]

### 1.2.3 Tělesná teplota

Tělesná teplota není na každé části těla stejná. Nejchladnější místa jsou špička nosu, ušní lalůčky a konečky prstů. Naopak nejlépe prokrvená místa jsou hlava, břicho a prsa.

Nejen, že je teplota na určitých místech rozdílná, ale také může být i kolísavá. Mění se dle fyziologického stavu těla a okolních podmínkách.

- 23 – 28°C špička nosu, ušní lalůčky a konečky prstů
- 29 - 31°C horní a dolní končetiny

- 32 - 34<sup>0</sup>C teplota kůže, kdy se člověk cítí nejlépe
- 35 - 36<sup>0</sup>C hlava, břicho a prsa
- 37<sup>0</sup>C teplota vnitřních orgánů

Regulátorem tělesné teploty je zvláštní oddíl v mozku zvaný Hypotalamus. Ten zaznamenává a reguluje teplotu lidského těla. Jak už bylo zmíněno výše, optimální teplota je 37<sup>0</sup>C. Pokud se teplota odchýlí  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , tak určitým způsobem ovlivňuje tělesné funkce. Pokud je však odchylka vyšší, tj.  $\pm 6^{\circ}\text{C}$ , může být smrtelná. [1]

#### 1.2.4 Úroveň pocení

Při zvýšené fyzické zátěži, nebo zvýšení okolní teploty, vzroste teplota našeho těla. Tento stav má za následek pocení, jak již bylo zmíněno výše. Proces pocení vyjadřuje chladicí účinek pro povrch kůže a celého organismu. Složení potu je cca 99% voda, zbytek tvoří soli, tuk a močovina. Úroveň pocení jsme přibližně schopni vyjádřit dle vztahu od Wyndhama a Atkinse (1968):

$$m_p = (t_n - 36,5) * \{0,1 + 0,455 \exp [0,27(t_s - 33)]\} \quad (1)$$

$m_p$ ...úroveň pocení [kg/hod]

$t_n$ ...teplota jádra těla [<sup>0</sup>C]

$t_s$ ...teplota kůže [<sup>0</sup>C]

Celkem rozlišujeme tři druhy tepla. Mírné teplo, teplo a horko. **Mírné teplo** znamená zvýšení teploty na dlaních, čele a chodidlech. Jde o stav, kdy jsme schopni plně fungovat v delším časovém úseku. Oděv je tedy vyhovující. Pokud se však rozšíří teplo po celém těle, mluvíme o stavu druhém - **teplo**. Pot je tělem vylučován jak z předem zmíněných míst, tak i na zádech a hrudníku. Z pokožky je odváděn v plném rozsahu. V tomto stavu můžeme přetrvat pouze krátkodobě. Oděv hraničí mezi vyhovujícím a nevyhovujícím. Když tělo odvádí takové množství potu, které není schopno odpařit, jedná se o stav - **horko**. Dojde k celkovému přehřátí organismu, následnému intenzivnímu pocení a také ke ztíženému dýchání. Oděv je nevhodný, neboť přivádí pocit diskomfortu. Lidské tělo tedy vytváří teplo, přijímá teplo od okolí, ale také do svého okolí teplo odvádí. Existuje několik způsobů, jak je lidské tělo schopno odvést teplotu a plynou vlhkost do okolí. Vždy fungují všechny procesy najednou, každý má však svou intenzitu. [1]

### 1.2.5 Odvod tepla

#### 1.2.5.1 Kondukcí

Odvod tepla kondukcí neboli vedením. Tento proces nastává, je-li naše pokožka v přímém styku s chladnějším prostředím. Jde například o kontakt chodidel s podlahou. Tímto způsobem ztrácíme až 5% tepla. **Tepelná vodivost** je odlišná u různých druhů materiálu. Klidný vzduch při teplotě 20<sup>0</sup>C vykazuje tepelnou vodivost 0,026 W/m\*K. Vodivost vody je 25X vyšší, tedy 0,6 W/m\*K. Tento fakt vyjadřuje, že pokud je materiál vlhký, vykazuje vyšší tepelnou vodivost. Rychleji proto ztrácíme teplo od těla a tento stav je tedy nežádoucí. **Tepelný odpor** je dalším důležitým hodnocením textilií, při řešení odvodu tepla vedením. Platí, že čím má textilie větší tloušťku, je schopna udržet více tepla, má tedy vyšší tepelný odpor. Pokud má osoba oblečena více vrstev textilií, musíme jednotlivé tepelné odpory vrstev sčítat, a to i vrstvy vzduchové. Pro tepelný odpor platí vztah:

$$R = \frac{h}{\lambda} \text{ [m}^2\text{*K/W]} \quad (2)$$

h...tloušťka [mm]

λ...měrná tepelná vodivost [W/m\*K]

Pro celkový tepelný odpor platí:

$$R_{CL}=R_1+R_2+R_3+\dots \quad (3)$$

[1]

#### 1.2.5.2 Konvekci

Konvekce neboli proudění znamená pohyb částic tekutin o určité rychlosti v [m/s] kolem našeho těla. Pohybují se v takzvané tepelné mezní vrstvě o určité tloušťce. Rozlišujeme dva typy proudění. **Laminární**, kde jsou trajektorie pohybu částic v urovnaném stavu. Tloušťka tepelné mezní vrstvy je u tohoto typu proudění největší, a proto přenos tepla není výrazný. Proudění **turbulentní** je charakterizováno různou trajektorií drah částic tekutin. Mezní vrstva je slabší a přenos tepla výrazně vyšší. Turbulentní proudění nastává v okamžiku, kdy bezrozměrné Reynoldovo číslo Re převyšuje hodnotu 2300.



Je dán tímto vztahem:

$$Re = \frac{v * d}{\nu} \quad (4)$$

$\nu$ ...dynamická viskozita tekutiny [ $m^2/s$ ]

$d$ ...rozměr objektu

Pro oba typy proudění známe vztah tepelného toku  $q$  dle Newtonova zákona:

$$q = \alpha_c * (t_1 - t_2) \quad (5)$$

$\alpha_c$ ...koeficient přenosu tepla [ $W/m^2 * K$ ]

$t_1$ ...teplota pokožky [ $^{\circ}C$ ]

$t_2$ ...teplota okolí [ $^{\circ}C$ ]

Jelikož proudění dále rozlišujeme na **přirozené a nucené**, koeficient přenosu tepla  $\alpha_c$  z předchozího vztahu se mění s tímto kritériem:

$$\alpha = 2,38 * (t_{sk} - t_a)^{0,25}$$

pro přirozené proudění

$$\alpha = 3,5 + 5,2 * v$$

pro nucené proudění

$$\alpha = 8,7 * v^{0,6}$$

pro vyšší rychlost proudění

Teplotní spád, který je realizován v teplotní mezní vrstvě při procesu přestupu tepla prouděním, je závislý na vnějším tepelném odporu  $Re$ , který je pak zahrnut do celkového tepelného odporu. Je dán vztahem:

$$Re = \frac{1}{\alpha} \quad (6)$$

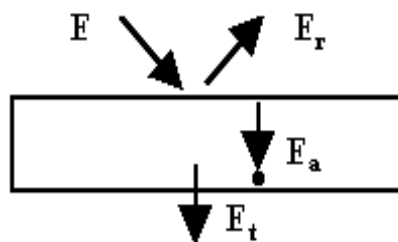
### 1.2.5.3 Radiací

Radiace neboli záření. Jde o elektromagnetické vlnění, které se šíří okolím o rychlosti

$c = 300\,000\,000$  m/s. Záření má vlnový charakter o délce vlny  $\lambda$ , které přiřazujeme frekvenci  $f$  dle vztahu:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (7)$$

Známe několik typů záření lišících se od sebe vlnovou délkou. Vůbec nejkratší vlnovou délku má gama záření, dále pak rentgenové záření, extrémní ultrafialové, ultrafialové, optické, infračervené, submilimetrové, mikrovlnné a radiové. Dopadne-li záření na povrch předmětu, může dojít ke třem různým stavům. Buď se dopadající záření odrazí, nebo dojde k pohlcení, či k průchodu skrz předmětem. [1]



Obr. 1 – Model reflektance, absorbance, transmittance

**Reflektance**  $E_r$  udává poměr mezi množstvím odraženého světla od objektu vůči dopadajícímu. Pokud by bylo rovno 1, znamenalo by, že dopadající světlo je v celkovém množství odraženo. Šlo by o dokonale lesklé těleso.

**Absorbance**  $E_a$  udává poměr mezi množstvím pohlceného světla vůči dopadajícímu. Pokud by se do předmětu pohltilo celkové množství, které dopadá na povrch předmětu, mělo by opět hodnotu 1. Šlo by o dokonale černé těleso.

**Transmittance**  $E_t$  udává poměr mezi množstvím procházejícího světla vůči dopadajícímu. Pokud by dopadající množství v celkové míře prošlo předmětem, bylo by opět rovno 1. V takovém případě by šlo o dokonale transparentní těleso.

Případy rovno jedné jsou extrémní a téměř nemožné, jde pouze o lepší představivost při výpočtech. Pro tyto tři situace platí vztah dle prvního Kirchhoffova zákona:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (8)$$

$\rho$ ...reflektance

$\alpha$ ...absorbance

$\tau$ ...transmittance

[1]

## 1.2.6 Odvod kapalné vlhkosti

### 1.2.6.1 Difúzí

Pomocí difúze se vlhkost odvádí prostřednictvím kanálků, tedy pórů textilie. Odvod je závislý na třech různých aspektech. Prvním je koeficient porosity textilie, tedy čím vyšší porosita, tím lépe textilie pot odvede. Vysoce porézní jsou například pleteniny. Druhým aspektem je délka kanálků. Čím je délka větší, tím se zvyšuje odpor. Poslední a důležitou vlastností je rozdíl parciálních tlaků pokožky a okolí. Vlhkost je odváděna směrem k nižšímu parciálnímu tlaku.

[1]

#### 1.2.6.2 Kapilárně

Pot vzlíná do první textilní vrstvy všemi třemi směry, jde o takzvaný knotový efekt. Jde o vlákna, která svým tvarováním zvyšují svou drsnost, jsou tak více kompaktní. Pokud jsou tato vlákna uspořádána blízko sebe, je kapilární odvod vysoce účinný. Výborně účinná vlákna jsou většinou syntetická. Například tedy PE nebo PP. [1]

#### 1.2.6.3 Sorpcí

Odvod vlhkosti sorpcí je spojena se schopností textilie přijímat molekuly vody. Je tedy závislá na četnosti hydrofilních skupin ve vlákne, na které se pak molekuly vody vážou. Přírodní vlákna mají všeobecně vyšší sorpci než vlákna syntetická. Tento proces odvodu vlhka je však nejpomalejší. [1, 5]

### 1.3 Komfort odívání

#### 1.3.1 Definice

Představuje stav organismu, kdy jsou veškeré fyziologické vlastnosti člověka v optimu. Našimi smysly, tedy hmatem, zrakem, sluchem a čichem, nevnímáme žádné nepříjemné pocity. Jde tedy o pocit kladný, kdy daná textilie splňuje teplotní a vlhkostní podmínky, nebrání v pohybu nositele a dokonale chrání jeho tělo vůči povětrnostním podmínkám. Pokud dojde k opačným stavům, než bylo uvedeno, jedná se o diskomfort, tedy o pocit nepříjemný.

Komfort ovlivňuje několik aspektů, tedy vlastností textilií. Jsou to *mechanické vlastnosti*, které zahrnují například drsnost povrchu, tloušťku materiálu, stlačitelnost, roztažnost či tuhost. *Termofyziologické vlastnosti*, obsahující tepelný a výparný odpor. *Fyzikálně-optické vlastnosti*, tedy chování vůči záření. Dále potom vlastnosti *hygienické*, *akustické* či *pachové*.

Komfort, z hlediska zkoumání, rozlišujeme na:

- psychologický (stav mysli)
- sensodický (přímý kontakt pokožky s textilií)
- termofyziologický (tepelný a výparný odpor)
- patologický (zápach, odolnost vůči UV záření a podobně).

[1]

Jelikož se bakalářská práce zabývá především termofyziologickým komfortem, bude v následujícím textu podrobněji popsán pouze ten.

### 1.3.2 Termofyziologický komfort

Jde o stav lidského organismu, v němž jsou termofyziologické funkce v optimu, je to takzvané teplotní pohodlí. Jednoduše řečeno jde o vlastnost textilie, ve které určujeme, v jaké míře propouští vlhkost a teplo od těla. Základními parametry jsou tedy tepelný a výparný odpor. Oba faktory jsou specifické vlastnosti pro jakékoliv textilní plošné útvary nebo kompozity. [1]

Termofyziologický komfort poskytovaný oděvem lze hodnotit buď pomocí přístrojů, které přesně charakterizují daný fyzikální děj vymykající se však podmínkám pokožka – oděv – prostředí. Druhý způsob pro hodnocení termofyziologického komfortu jsou podmínky blízké fyziologickému režimu lidského těla. [1]

Popisem termofyziologických vlastností se zabývá česká norma pod označením ČSN EN 31092. Tato norma je identická s normou mezinárodní, tedy ISO 11092. V roce 1993 byla uznána za evropskou normu. Zabývá se detailním popisem postupu při měření za izotermních podmínek. Název normy zní:

*Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelného a výparného odporu vůči vodním parám za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou), (ISO 11092:1993).* [3]

#### 1.3.2.1 Tepelný odpor

Představuje rozdíl teplot mezi dvěma povrchy materiálu určen výsledným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Je výsledkem přenosu tepla kondukcí, konvekcí a radiací. Jde tedy o suchý tok tepla procházející danou plochou – materiálem. Značíme jako  $R_{ct}$  a vyjadřujeme v jednotkách  $m^2K/W$ . [3]

#### 1.3.2.2 Výparný odpor

Představuje rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu, který je dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Je výsledkem přenosu vodních par difúzí, kapilárně a sorpcí. Jde tedy o takzvaný „latentní“ výparný tepelný tok, který prochází danou plochou – materiálem. Značí se jako  $R_{et}$  a vyjadřuje se v jednotkách  $m^2Pa/W$ . Lidská vlhká pokožka představuje 100% paropropustnost, pokud ji však překryjeme textilií, paropropustnost se sníží. O kolik, to záleží na schopnosti textilie propouštět pro vodní páry. Platí vztah, že čím je  $R_{et}$  nižší, tím je propustnost pro vodní vyšší. [3]

Dle stávajících norem ISO platí:

$R_{et} < 6$  velmi dobrá ( $< 10\,000\text{ g/m}^2/24\text{hod}$ )

$R_{et} 6 - 13$  dobrá ( $4500 - 10\,000\text{ g/m}^2/24\text{hod}$ )

$R_{et} 13 - 20$  uspokojivá ( $2500 - 4500\text{ g/m}^2/24\text{hod}$ )

$R_{et} > 20$  neuspokojivá ( $> 2500\text{ g/m}^2/24\text{hod}$ )

[1]

### 1.3.2.3 Index propustnosti vodních par

Poměr tepelného a výparného odporu je dán rovnicí:

$$I_{mt} = S^* \frac{R_{et}}{R_{et}} \quad (9)$$

$I_{mt}$ ...bezrozměrné číslo, jehož hodnota se nachází mezi 0 a 1

0...materiál nepropustí vodní páry, má tedy nekonečně velký výparný odpor

1...materiál má poměr výparného a tepelného odporu stejný jako vrstva vzduchu o stejné tloušťce

$S$ ...60 Pa/K

[3]

Termofyziologický komfort nastává za těchto podmínek:

- Teplota pokožky  $33 - 35^{\circ}\text{C}$
- Relativní vlhkost vzduchu  $50 + 10\%$
- Rychlost proudění vzduchu  $25 + 10\text{ m/s}$
- Obsah  $\text{CO}_2$   $0,07\%$
- Nepřítomnost vody na pokožce

[1]

### 1.3.3 Metody měření termofyziologického komfortu

Existuje několik metod, kterými měříme termofyziologické vlastnosti textílie, tedy tepelný a výparný odpor. V následujícím textu budou popsány.

#### 1.3.3.1 Gravimetrická metoda

Jde o metodu, kdy zjišťujeme relativní paropropustnost vodních par dle normy ČSN 80 0855.

Tuto metodu používá British Standard 7209. Důležitá informace je zde měření při teplotě  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**Postup měření:**

Ze vzorku materiálu vysekneme kruhový tvar pomocí raznice o průměru 71,4mm. Pomocí těsnícího kroužku a víčka vzorek upevníme na hliníkovou zkušební misku kruhového tvaru s plochou  $S = 30\text{cm}^2$ , která obsahuje vodu. Na přesných analytických vahách a v klimatizační skříni, která zajišťuje klimatické podmínky (teplota  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , relativní vlhkost  $60 \pm 20\%$  a maximální rychlost proudění vzduchu 0,2 m/s) zvážíme misku se vzorkem ještě před expozicí. Asi 6 hodin působíme na vodu vysoušedlem. Po uplynutí této doby misku se vzorkem opět zvážíme a dle vztahu vypočteme relativní paropropustnost.

$$P_{\text{rel}} = \frac{G_1 - G_0}{G_0} \quad (10)$$

$P_{\text{rel}}$ ...relativní propustnost pro vodní páry [%]

$G_0$ ...vážení misky se vzorkem před expozicí [g]

$G_1$ ...vážení misky se vzorkem po 6 - ti hodinové expozici [g]

Jelikož má vysoušedlo nelineární sorpci, je tato metoda nepříliš přesná, kromě toho je také zdlouhavá. Proto se od ní upouští. [1]

#### 1.3.3.2 Metoda DREO

Vzorek je upevněn mezi dvě polopropustné vrstvy. Pod spodní se nachází voda a odděluje vzorek od přímého kontaktu s ní. Nad vrchní vrstvou proudí suchý vzduch a taktéž má pro vzorek ochrannou funkci. Voda je zahřívána, tím přetvářena na vodní páry. Prochází nejdříve první polopropustnou vrstvou, dále vzorkem materiálu dle jeho schopnosti propouštět vodní páry, následně prochází druhou vrstvou a proudem vzduchu je odveden pryč. Měření se provádí asi 15 minut. Zásadní je zde ztráta vody, která ale není zjištěna vážením, ale je odečítána na stupnici skleněné kapiláry. [1]

#### 1.3.3.3 SKIN MODEL

Skin model, neboli simulátor potíci se lidské pokožky pracuje na principu vyhřívání a zvlhčení porézní desky. Zde dochází k přenosu tepla a hmoty, stejně jako mezi lidskou pokožkou a okolím. Měření se provádí buď za stacionárních podmínek – v klimatickém prostředí, nebo za podmínek nestacionárních – kombinace různých teplot, relativních vlhkostí a různou rychlostí proudění vzduchu. Stacionární podmínky této metody jsou používány v Hohenstein Institute a popsány v ISO 11092. Důležitá informace je zde měření při teplotě  $35 \pm 0,2^\circ\text{C}$ . Tuto teplotu má jak vzduch proudící kolem vzorku, tak i porézní deska

pokrytá měřeným vzorkem. Jde tedy opět o izotermní měření.

#### Stacionární podmínky

Vzorek je upevněn na elektricky vyhřívanou desku o teplotě  $35^{\circ}\text{C}$ , obtékanou vzduchem o rychlosti 1 m/s a teplotě  $35^{\circ}\text{C}$ . Několik hodin musíme vyčkat, až se podmínky pro měření ustálí. Zespod je deska pokryta celofánovou membránou, která propouští vodní páry, nikoliv vodu. Tato membrána simuluje suché pocení. Voda je přiváděna k desce, působením tepla se přetváří na páry a prochází membránou ke vzorku. Dle propustnosti textilie pára uniká ven nebo zůstává uvnitř. Pokud pára uniká, teplota desky má tendenci klesat. Jelikož ale musí být zachována stejná teplota, zvýší se příkon. Příkon je tedy hlavním ukazatelem měření a dle něj vypočítáme paropropustnost textilie.

Nevýhodou je poměrně dlouhá doba měření, i více než 1 hodinu. Během této doby může docházet ke kondenzaci vlhkosti ve vlastním vzorku a výsledek tímto může být zkreslen.

#### Nestacionární podmínky

Na porézní kovovou desku, která je vyhřívána na teplotu  $35^{\circ}\text{C}$ , je umístěna navlhčená hydrofilní tkanina, celkem  $4\text{cm}^3$  vody. Působením tepla se voda odpařuje. Následuje meziprostor, ve kterém jsou umístěna čidla registrující časový průběh teploty a vlhkosti. Nad volným prostorem ve vzdálenosti 10 mm je upevněn vzorek v rámu, který buď vlhkost odpařuje, nebo pouze pohlcuje. Aby byla simulace lidského těla dokonalejší, vzorek materiálu se pomocí elektricky poháněných nití pohybuje. Nad vzorkem proudí vzduch o teplotě  $25^{\circ}\text{C}$ . [1]

### 1.3.4 PERMETEST

Přístroj měřící tepelný odpor, výparný odpor a relativní paropropustnost. Jedná se o skin model, na kterém lze měřit za jakýchkoliv klimatických podmínek, neboť se měření provádí pod hlavicí, kde jsou ustáleny podmínky. Přístroj byl nainstalován již ve 22 zemích světa, mimo Evropy také například v Austrálii, Brazílii či USA. V roce 1990 byl patentován profesorem Lubošem Hesem z Technické univerzity v Liberci. V praktické části této bakalářské práce je měřeno právě

na PERMETESTU, proto o něm v následujícím textu bude psáno podrobněji. [1, 6]

### Výhody PERMETESTU:

- nedestrukční způsob měření – můžeme vkládat textilní výrobek vcelku
- malý rozměr, který umožňuje přenést přístroj na jakékoliv místo
- krátká doba měření (2 - 3 minuty)

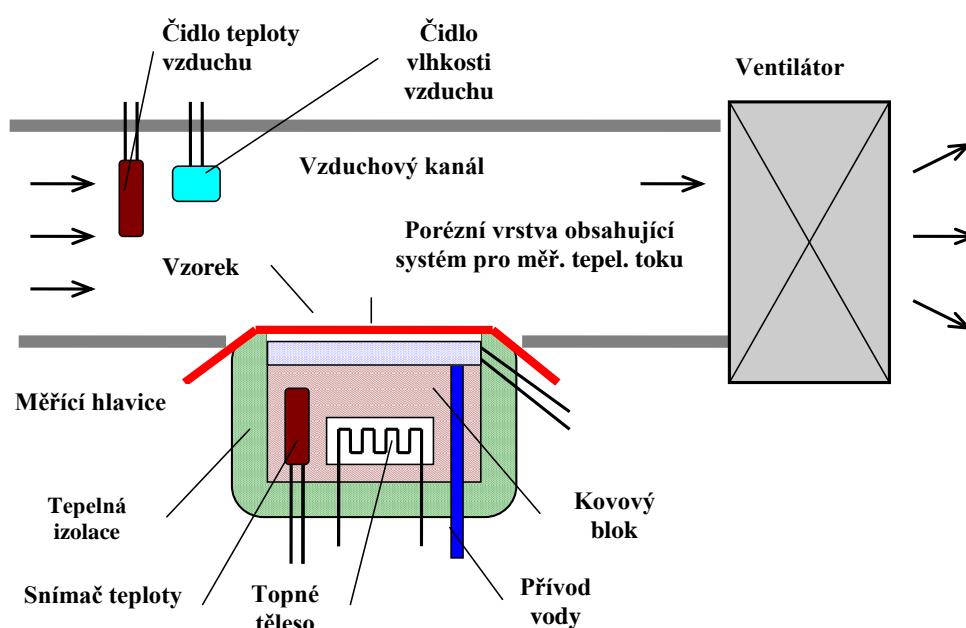
[1, 6]

### Co je možné na PERMETESTU měřit:

- Měření tepelného odporu textilií při stabilizované teplotě textilie 32<sup>0</sup>C, nebo při zvoleném rozdílu teploty hlavice a teploty v kanálu v mokřém či suchém režimu.
- Měření výparného odporu a relativní paropropustnosti textilií při izotermních podmínkách.
- Měření výparného odporu a relativní paropropustnosti textilií při anizotermních podmínkách. [1]

### Popis přístroje

Hlavní části přístroje tvoří měřicí jednotka s regulací teploty a přívodem vody, dále tepelný chránič a zkušební prostor. Pro detailní popis je použit obrázek a následující text.



Obr. 2 – Schéma přístroje PERMETEST

Měřicí jednotka obsahuje *tenkou kovovou porézní desku*, která je ze spodní strany a na obvodu obklopena *tepelnou izolací*, která zabraňuje úniku tepla. Tepelná izolace také obklopuje *kovový blok* obsahující elektrický ohříváč – *topné těleso*, potřebný pro rozvod tepla v přístroji. Teplota je elektrickému ohříváči dodána pomocí regulátoru teploty a snímána teplotním



čidlem – *snímačem teploty*. Zespodu je k porézní desce *přiváděna voda* pomocí dávkovacího zařízení. Dodávaná destilovaná voda musí být předem ohřátá na teplotu měřicí jednotky, proto je vedena přes kovový blok. Voda je do přístroje přiváděna, pouze pokud měříme výparný odpor. [1, 2]

Zkoušená textilie - *vzorek*, který je lehce napnut na měřicí hlavici, je z vrchní strany ofukován proudem vzduchu, který poté vyústíje pomocí *ventilátoru* ven z přístroje. Klimatizovaný vzduch musí proudit nad povrchem zkoušené textilie v rovnoběžném směru. Tento děj probíhá pod uzavřeným víkem, takzvaným *vzduchovým kanálem*, kde jsou umístěna také *čidla teploty a vlhkosti*. Je důležité, aby byla nastavitelná poloha měřicí jednotky vzhledem k měřicí destičce tak, aby byl povrch zkoušeného vzorku ve stejné rovině jako měřicí stůl. [1, 2]

Postup měření:

a) zkoušená textilie

Musí zcela zakrývat povrch měřicí hlavice. Měla by být minimálně 12 hodin před zkoušením klimatizována při teplotě a vlhkosti shodné s parametry vzduchu v laboratoři, při kterých pak budeme měřit [3].

b) referenční textilie

Jde o textilní materiál o známé hodnotě výparného odporu, zjištěné pomocí jiného (referenčního) Skin Modelu, který plně vyhovuje ISO 11092. S jeho pomocí přístroj PERMETEST okalibrujeme. Je důležité, aby tato textilie splňovala následující podmínky:

- Musí být kompaktní a málo stlačitelná, čili musí to být tkanina.
- Její paropropustnost se nesmí měnit v důsledku navlhavosti a následného zbotnění.

Nejlépe tyto požadavky splňuje tkanina z hydrofobní POP příze, jejíž konstrukce, dostava a plošná hmotnost jsou dány českou normou. První měření tedy provedeme s touto textilií a následně přístroj okalibrujeme. Pokud nám v měření vychází velké odchylky (t. j. dokud se neustálí tepelné poměry v přístroji), je potřeba měřit a kalibrovat znovu [1]

c) instalace zkušební vzorku na měřicí jednotku

Vzorek se umístí na povrch měřicí hlavice tak, aby byla správná strana v kontaktu s hlavicí, která simuluje lidskou pokožku. Textilie nesmí být nijak pomačkaná a musí být bez bublin. Její okraje jsou uchyceny například přilnavým páskem nepropouštějícím vodní páry nebo rámem z lehkého kovu. Dle tloušťky materiálu je třeba seřídit výšku měřicí hlavice tak, aby byla ve stejné výšce jako měřicí stůl. [3]

d) značky a jednotky použity v této kapitole:

$R_{ct}$ ...tepelný odpor v  $m^2K/W$

$R_{et}$ ...výparný odpor v  $m^2Pa/W$

$R_{et0}$ ...konstanta přístroje v  $m^2Pa/W$ , pro měření výparného odporu  $R_{et}$

$t_m$ ...teplota měřicí jednotky v  $^{\circ}C$

$t_a$ ...teplota vzduchu ve zkušebním prostoru v  $^{\circ}C$

$P_{sat}$ ...nasycený parciální tlak vodní páry v Pa na povrchu měřicí jednotky při teplotě  $T_m$

$P_0$ ... parciální tlak vodní páry ve vzduchu v Pa ve zkušebním prostoru při teplotě  $T_a$

$q_{et}$ ...výparný tepelný tok procházející zakrytým porézním povrchem

$q_{et0}$ ...výparný tepelný tok procházející nezakrytým porézním povrchem

$L$ ...výparné teplo v J/kg

$m$ ...množství odvedené vlhkosti v kg/hod

d) měření tepelného odporu

Provádí se pomocí suché měřicí hlavice, která je pouze vyhřívána. Přístroj se seřídí na tyto hodnoty:

$$t_a = 20 - 22^{\circ}C$$

$$t_m = t_a + 10^{\circ}C$$

relativní vlhkost = 65% (nejlépe), jinak podle vlhkosti vzduchu v laboratoři.

$$v_a = 1m/s$$

V první fázi měříme bez vzorku, kdy zjišťujeme hodnoty nezakryté porézní vrstvy. Ve fázi následující se již měří se vzorkem. Měřené veličiny se musí ustálit a poté je přístroj zaznamená. Proces měření opakujeme minimálně třikrát. Tepelný odpor  $R_{ct}$  se vypočítá dle vztahu:

$$R_{ct} = \frac{(t_m - t_a)}{q_v - q_0} \quad (11)$$

e) měření výparného odporu  $R_{et}$

Měřicí hlavice je zahřívána na teplotu okolního vzduchu. Je zakrytá speciální membránou, která propouští vodní páru, nikoli kapky vody. Voda je přiváděna zespod a působením tepla se mění v páru procházející membránou. Měřený vzorek tedy nepřichází do přímého styku s vodou. Mírou rychlosti vypařování vody se mění teplota hlavice, která však musí být konstantní. Teplota je tedy neustále regulovaná a dle tohoto faktoru se stanoví výparný odpor.

Přístroj automaticky reguluje vytápění měřicí hlavice tak, aby teploty vzorku a vzduchu proudícího kolem vzorku byly stejné. Rychlost vzduchu je  $v_a = 1 \text{ m/s}$ . Jeho teplota i relativní vlhkost jsou pak stejné jako parametry vzduchu v laboratoři.

V první fázi měříme bez vzorku, kdy zjišťujeme hodnoty nezakrytého porézního povrchu.

V tomto případě je výparný tepelný tok dán vztahem:

$$q_{et0} = L * m = L * \frac{(p_{sat} - p_0)}{R_{et0}} \quad (12)$$

Ve fázi následující se již měří se vzorkem. Výparný tok ze zakrytého porézního povrchu je popsán vztahem:

$$q_{et} = L * m = L * \frac{(p_{sat} - p_o)}{R'_{et0} - R'_{et}} \quad (13)$$

Měřené veličiny se musí ustálit a poté je přístroj zaznamená. Proces měření opakujeme minimálně třikrát. Výparný odpor  $R_{et}$  se vypočítá dle vztahu:

$$R_{et} = L * (p_{sat} - p_0) \left( \frac{1}{q_{et}} - \frac{1}{q_{et0}} \right) \quad (14)$$

Které veličiny se v tomto vztahu mění s teplotou?

#### **Výparné teplo L:**

při	20 <sup>0</sup> C	L = 2454 kJ/ kg
	21 <sup>0</sup> C	L = 2451 kJ/ kg
	22 <sup>0</sup> C	L = 2449 kJ/ kg
	28 <sup>0</sup> C	L = 2453 kJ/ kg
	35 <sup>0</sup> C	L = 2418 kJ/ kg
	40 <sup>0</sup> C	L = 2407 kJ/ kg

Je patrné, že L pomalu klesá s teplotou.

#### **Maximálně možný parciální tlak vodní páry $p_{sat}$ v nasyceném stavu:**

při	20 <sup>0</sup> C	$p_{sat} = 2337 \text{ Pa}$
	21 <sup>0</sup> C	$p_{sat} = 2486 \text{ Pa}$
	22 <sup>0</sup> C	$p_{sat} = 2642 \text{ Pa}$
	28 <sup>0</sup> C	$p_{sat} = 3778 \text{ Pa}$
	35 <sup>0</sup> C	$p_{sat} = 5622 \text{ Pa}$
	40 <sup>0</sup> C	$p_{sat} = 7375 \text{ Pa}$

Z uvedeného plyne, že  $p_{sat}$  velmi rychle vzrůstá s teplotou vlhkého vzduchu.

Jak se mění výparný odpor vlastní textilie s rostoucí teplotou?

- v důsledku dilatace nepatrně vzroste tloušťka textilie,
- v důsledku vyšší sorpce vlhkosti do textilií z přírodních materiálů se následkem zbotnění může snížit pórovitost.

Tento fakt ovlivní odvod plynné vlhkosti pomocí difúze, který byl zmiňován v textu výše.

Platí pro ni vztah:

$$R_{et} = \frac{\xi * h}{D * \varepsilon} \quad (15)$$

D...součinitel difúze vodní páry ve vzduchu [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

h...tloušťka [m]

$\varepsilon$ ...povrchová porozita ( $\varepsilon < 1$ )

$\xi$ ...tortuozita, relativní délka póru v textilii ( $\xi > 1$ )

Zvýšení odporu přenosu vodních par způsobuje klesající koeficient porosity  $\varepsilon < 1$  a zvětšující se délka kanálů charakterizována pomocí koeficientu tortuosity  $\xi > 1$ .

**Jak se všechny tyto možné vlivy dají odstranit kalibrací přístroje PERMETEST při vyšší teplotě?**

Za tímto účelem zavedeme kalibrační konstantu K. Výpočet této kalibrační konstanty je založen na skutečnosti, že při jistých podmínkách (jistém rozdílu parciálních tlaků a jisté teplotě) musí být výparný odpor roven hodnotě  $R_{etk}$ , kterou známe ( $R_{etk} = 5,0 \text{ m}^2\text{Pa} / \text{W}$ ).

Platí vztah:

$$R_{etk} = K * \left( \frac{1}{q_{etk}} - \frac{1}{q_{etk0}} \right) \quad (16)$$

Pro konstantu K bude platit:

$$K = R_{etk} * \left( \frac{1}{q_{etk}} - \frac{1}{q_{etk0}} \right)^{-1} \quad (17)$$

Program přístroje pak vypočte správnou (přesnou) hodnotu výparného odporu dle vztahu:

$$R_{et} = R_{etk} \left( \frac{1}{q_{etk}} - \frac{1}{q_{etk0}} \right) * \left( \frac{1}{q_{etk}} - \frac{1}{q_{etk0}} \right)^{-1} \quad (18)$$

Jak plyne z tohoto konečného vztahu, vliv konkrétního rozdílu parciálních tlaků na velikost měřeného výparného odporu neznámého vzorku se skutečně odstraní. Toky  $q_{et0}$  a  $q_{et}$  v rovnicích budou sice úměrné rozdílu parciálních tlaků, ale tato úměrnost se vzhledem ke znalosti hodnot tepelných toků při kalibračním měření vykompenzuje – vykrátí. Stejný kompenzační mechanismus platí pro výparné teplo, které je slabou funkcí teploty. Zůstává

však závislost těchto toků na porositě a součiniteli difúze vlhkosti u měřené textilie, která v důsledku botnání (zejména u bavlny, viskózy a vlny) závisí na vlhkosti vzduchu, ale slaběji také na jeho teplotě. Zmíněné závislosti budou experimentálně zjišťovány v dalším postupu.

#### 1.3.5 Alambeta

Přístroj Alambeta je počítačem řízený poloautomat měřící termofyziologické vlastnosti textilií. Měří jak tepelně – izolační vlastnosti (tepelný odpor a tepelnou vodivost), tak i vlastnosti dynamické (tepelná jímavost, tepelný tok). Dokáže výpočítat statistické parametry měření a obsahuje autodiagnostický program, který zabraňuje chybným operacím při měření. Proces měření spočívá v průchodu tepelného toku přes plochu vzorku. Při měření jsou snímány teploty  $t_1$  a  $t_2$ , přičemž  $t_1$  značí teplotu měřicí hlavice, odpovídající průměrné teplotě lidské pokožky, tedy  $33^{\circ}\text{C}$ . Teplota  $t_2$  pak značí teplotu měřeného vzorku, která je shodná s teplotou vzduchu v laboratoři. Výsledek je pak rozdíl mezi těmito hodnotami. Měření trvá celkem 3 - 5 minut i se statistickým vyhodnocením.

Měřené parametry:

##### Tloušťka materiálu

$h$  [mm]

##### Měrná tepelná vodivost

$\lambda$  [W/mK]

Jde o množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času. Hodnotu, kterou získáme z přístroje je nutno dělit  $10^3$ .

##### Plošný odpor vedení tepla

$$r = \frac{h}{\lambda} [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (19)$$

Platí, že čím je nižší tepelná vodivost, tím je vyšší tepelný odpor. Hodnotu, kterou získáme z přístroje je nutno dělit  $10^3$ .

##### Tepelný tok

$$q = b * \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi * \tau}} [\text{W/m}^2] \quad (20)$$

Množství tepla šířící se z měřicí hlavice o teplotě  $t_2$  do textilie o počáteční teplotě  $t_1$  za jednotku času.

Měrná teplotní vodivost

$$a = \frac{\lambda}{c * \rho} [\text{m}^2/\text{s}] \quad (21)$$

Schopnost materiálu vyrovnávat teplotní změny. Platí, že čím je hodnota **a** vyšší, tím se materiál rychleji vyrovná s teplotní změnou.

Součin pc

$$\rho c = \frac{\Delta Q}{\Delta t} [\text{J/kgK}] \quad (22)$$

Tento součin značí množství tepla potřebné k ohřátí 1kg materiálu o 1K. Hodnota vykázaná na přístroji se dělí  $10^6$ .

Tepelná jímavost

$$b = \sqrt{\lambda * \rho * c} [\text{Ws}^{1/2} / \text{m}^2\text{K}] \quad (23)$$

Vlastnost charakterizující tepelný omak. Představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu. [1]

## 1.3.6 Potící torzo

Torzo neboli válec o velikosti lidského trupu, jehož jednotlivé vrstvy mají napodobit lidské tělo. Válec je naplněn vodou o teplotě lidského těla, to je asi  $33^{\circ}\text{C}$ . Teplota je registrovaná 20 čidly umístěny po celém torzu, a dle potřeby je udržovaná pomocí topných fólií. Na svém povrchu má dohromady 36 potních trysek, které napodobují potní žlázy. Vertikálně je umístěn do klimatické komory, kde proudí vzduch o rychlosti 2m/s. Na torzo se položí vzorek a měří se při různém zatížení organismu. Dle dodávaného příkonu pro udržení teploty zjišťujeme tepelné ztráty.[1]

## 1.3.7 Tepelný manekýn

Tepelný manekýn je obdoba potícího torza, s rozdílem jeho možného pohybu. Obsahuje až 17 na sobě nezávislých topných segmentů, které slouží k udržování povrchové teploty  $33^{\circ}\text{C}$ . Teplota je udržovaná pomocí počítače, kde je také registrován elektrický příkon [W] potřebný k udržení této teploty. Z těchto hodnot počítač vypočítá odvod tepla do okolí. V první fázi probíhá měření neoblečeného manekýna, tedy bez vlivu oděvních vrstev. V druhé fázi je manekýn oblečen, získané dvě hodnoty od sebe odečteme a získáme konečnou hodnotu  $R_{ct}$ . [1]

### 1.3.8 TEXTEST FX 3300

Elektronický přístroj pro měření propustnosti textilií pro vzduch – prodyšnost. Prodyšnost je schopnost textilie odvádět teplo z oděvního systému ventilací. U letních například sportovních oděvů je tato schopnost textilie žádoucí, opakem jsou sportovní oděvy, kdy se snažíme vytvořené teplo uvnitř udržet.

Princip spočívá ve vytvoření tlakového rozdílu mezi oběma povrchy zkoušené textilie a následného měření průtoku vzduchu. Jedná se o nedestrukční způsob měření, textilie se tedy dá vložit vcelku. Měřená plocha činí  $5\text{ cm}^2$  a výchozí jednotka měření je  $\text{l/m}^2/\text{s}$  [1].



Obr. 3 – Přístroj FX 3300

### 1.3.9 Klimatická komora Vötsch VC 0018

Automatická klimatická komora na bázi cirkulace vzduchu a vlhkosti. Vzduch je nasáván do vzduchového kanálu a pomocí větráku rozprouduje ve vnitřním prostoru. Vnitřní zkušební prostor, který je vyroben z vysoce lesklé a ušlechtilé oceli, obsahuje čidla pro měření teploty a vlhkosti. Zkušební prostor je zajištěn dveřmi se zamykatelným uzávěrem. Po obou stranách pece jsou takzvané průchodky sloužící pro vedení kabelů, které jsou zajištěny gumovými uzavíracími zátkami. Ve spodní části se nachází vodní nádrž na zvlhčovací vodu a vodu

psychrometru. Hladina vody je neustále kontrolována a automaticky doplňována. Velmi důležitým prvkem je zde ovládací jednotka, takzvaný „TOUCHPANEL“. Slouží k plnému ovládání pece. Zde nastavujeme teploty i vlhkosti, vidíme průběh vyhřívání, při otevření dveří ztrátu hodnot, nebo pokud se v komoře vyskytuje problém, displej nás na něj upozorní.

[7]



*Obr. 4 – Klimatická komora Vötsch [8]*

## 2. PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část této bakalářské práce spočívá v měření výparného odporu vzorků na přístroji PERMETEST, který byl popsán výše. Vzorky byly změřeny také pomocí přístroje TEXTTEST FX3300 pro zjištění prodyšnosti. Zjištěné údaje jsou zaznamenány v tabulkách a grafech.

Ve druhé části byl proveden průzkum mezi českými výrobci outdoorového oblečení, jehož vyhodnocení je uvedeno na konci praktické části.

### 2.1 Popis testovaných vzorků materiálu

Měření bylo provedeno celkem na třech typech materiálu, které byly nejdříve vyprány. Šlo o 100% CO, 100% PE a 100% PP. Vzorky nemají žádnou speciální membránu ani úpravu. Detailně budou popsány v textu níže.



### 2.1.1 Charakteristika použitých vláken

#### Bavlna – CO

Přírodní vlákno získané ze semen rostliny bavlníku. Velmi jemné vlákno s příjemným omakem. Vykazuje výbornou sorpci, zejména potu. Je částečně hřejivá. Mechanické vlastnosti, tedy pevnost a tažnost jsou u bavlny závislé na vlhkosti. Pokud bavlna navlhne, dojde k porušení vodíkových můstků a dochází ke snadné neformovatelnosti, to je nevýhodou. Zavlhčení na  $65\% \pm 2\%$  vede ke změně pevnosti a tažnosti až o 4%.

#### Tepelné vlastnosti:

do  $120^{\circ}\text{C}$  se příliš nic neděje

$120^{\circ}\text{C}$  při působení 5 hodin žloutne

$150^{\circ}\text{C}$  teplota žehlení

$150^{\circ}\text{C}$  při delším působení hnědne

$200^{\circ}\text{C}$  -  $280^{\circ}\text{C}$  dehydratace, destrukce

#### Směsování:

Tkaniny - bavlna/polyester, bavlna/viskóza

Pleteniny – bavlna/polyamid, bavlna/akryl

#### Použití:

Použití je velmi široké, od svrchního ošacení – sportovní oděvy, oděvy pro volný čas, pracovní obleky, přes spodní prádlo a košiloviny. Také se používá na ložní a stolní prádlo, či pro technické účely. [9]

#### **Polyester – PE**

Syntetické vlákno, které je v této škále nejvíce používané. Může být vyrobeno s jakýmkoli tvarem profilu, ovlivňující vlastnosti vlákna. Vyniká dobrou pevností a odolností vůči oděru. Má vysokou tažnost, výborné zotavovací schopnosti a nízkou mačkavost. Při zafixování má výbornou tvarovou stabilitu. Rychle schne, výhodou je tedy snadná údržba. Mezi negativa patří nízká sorpce, vysoká žmolkovitost a výskyt elektrostatického náboje, který přitahuje prach a tím je materiál rychleji zašpiněn.

#### Tepelné vlastnosti:

$150^{\circ}\text{C}$  teplota žehlení

$250^{\circ}\text{C}$  - teplota tání

Směsování:

Polyester/vlna

Polyester/bavlna

Polyester/viskóza

Použití:

Použití je velmi široké, například oblekovky, šatovky a jakékoli sportovní oblečení. [9]

**Polypropylen – PP**

Syntetické vlákno voskového omaku a převážně kruhového profilu. Má odolnost vůči oděru a vůči chemikáliím. Vyniká nízkou měrnou hmotností, výbornou pružností a dlouhou trvanlivostí. Má velmi nízký elektrostatický náboj. Mezi negativa patří velmi nízká sorpce a pomalé zotavovací schopnosti.

Tepelné vlastnosti:

130<sup>0</sup>C teplota žehlení

160<sup>0</sup>C - 170<sup>0</sup>C teplota tání

Použití:

Nejčastěji pro technické účely, jako jsou podkladové tkaniny na vsívané koberce nebo použití v oblasti netkaných textilií. Dále také v oblasti medicíny nebo pro sportovní potřeby. Nejznámější vlákno v oblasti textilií pro odívání je MOIRA, pěticípá hvězda. [9]

### 2.1.2 Ukázka jednotlivých vzorků

#### Vzorek č. 1

Materiálové složení: 100% bavlna

Typ materiálu: tkanina

Vazba: kepr levosměrný

Dostava: osnova - 22 nití na 1 cm

útek – 20 nití na 1 cm

Hmotnost: 200 g/m<sup>2</sup>

Ukázka vzorku:

Vzorek č. 2

Materiálové složení: 100% polyester

Typ materiálu: tkanina

Vazba: plátno

Dostava:      osnova – 16 nití na 1cm

                 útek – 54 nití na 1 cm

Hmotnost: 200 g/m<sup>2</sup>

Ukázka vzorku:

Vzorek č. 3

Materiálové složení: 100% polypropylen

Typ materiálu: tkanina

Vazba: kepr pravosměrný

Dostava:      osnova – 25 nití na 1 cm

                 útek – 21 nití na 1 cm

Hmotnost: 200 g/m<sup>2</sup>

Ukázka vzorku:

## 2.2 Měření výparného odporu pomocí přístroje PERMETEST

Pro měření výparného odporu není stanovena jednotná metoda, ze které by vycházely všechny měřicí laboratoře. Konkrétně není sjednocena teplota měřicí hlavice, která simuluje lidskou pokožku. Pokožka lidského těla má teplotu 33 - 35<sup>0</sup>C. Při nižší venkovní teplotě předpokládáme teplotní spád mezi jednotlivými vrstvami oděvu. Na bundu tedy logicky působí teplota nižší.

V Hohenstein Institutu, ústavu pro hodnocení oděvní hygieny v Německu, se výparný odpor textilií měří pomocí Skin modelu při teplotě měřicí hlavice 35<sup>0</sup>C. Stejnou teplotu má i vzduch proudící kolem vzorku při 40% vlhkosti. Britská norma BS 7209, založená na gravimetrickém principu, zahrnuje měření za laboratorních podmínek, t. j. při teplotě 21- 22<sup>0</sup>C. Přístroj PERMETEST, instalovaný na FT TU v Liberci, se při běžných výzkumných pracích rovněž používá při teplotě klimatizované laboratoře. Klimatizační systém v uvedené laboratoři Katedry hodnocení textilií však nekontroluje vlhkost vzduchu, pouze teplotu, která zde kolísá mezi 21 - 24<sup>0</sup>C. Naštěstí vlhkost v místnosti zůstává po dlouhou dobu konstantní.

Pro účely této bakalářské práce byl však přístroj PERMETEST vložen do kvalitní klimatické komory s velmi dobrou stabilitou nastavených teplot i vlhkostí. Otázkou je, jak rozdílné výsledky budou mezi těmito teplotami. Proto se tato část práce zabývá otázkou: „V jaké míře je výparný odpor textilií závislý na teplotě a vlhkosti?“

Měření bylo uskutečněno za třech různých teplot, a to 22<sup>0</sup>, 28<sup>0</sup> a 35<sup>0</sup>C. Tyto tři teploty byly použity při relativní vlhkosti 40% a poté 65%. Veškeré měření se uskutečnilo v laboratoři budovy KHT na přístroji PERMETEST. Změřené hodnoty budou zobrazeny do tabulek a grafů a následně vyhodnoceny v textu.

Pro lepší manipulaci při měření v klimatické komoře byl firmou SENSORA vyroben nový PERMETEST v menších rozměrech. Z důvodu časové tísně nebyl dostatečně odzkoušen a z důvodu vysokého počtu studentů na KHT, kteří potřebovali také měřit paropropustnost textilií, byl ihned uveden do provozu. Když však byla vytvořena vlhkost v okolí přístroje, projevil se špatné těsnění v měřicí hlavici, vlhkost se dostala do elektroniky a přístroj se následně zkratoval. V současné době je přístroj po důkladné opravě a je opět v provozuschopný. Pro měření pro potřeby této práce byl však použit PERMETEST, který je na katedře hodnocení textilií instalován již delší dobu. Jelikož je přístroj dosti vytížen, trvalo měření déle.

### 2.2.1 Měření v klimatizované laboratoři

Měření bylo provedeno v částečně klimatizovaném prostoru laboratoře. Klimatizačním systémem je zde udržována teplota vzduchu v intervalu 21 až 24<sup>0</sup>C. Průměrná teplota z tohoto intervalu 22,5 <sup>0</sup>C se udržuje v uzavřeném prostoru kolem přístroje. Stejná teplota je pomocí elektroniky stabilizována na povrchu měřicí hlavice, jež simuluje lidskou pokožku. Jelikož přístroj nasává z okolí vzduch do kanálu, kde je povrch zkoušeného vzorku ofukován, stejná teplota vzduchu existuje i zde. Tím jsou zajištěny izotermní podmínky pro měření.

#### Kalibrace

Před samotným měřením je nutností přístroj okalibrovat. Kalibrace byla provedena nejdříve měřením bez vzorku (je měřen tepelný tok při nezakryté hlavici) a následně se vzorkem pomocí referenční textilie (je snímán tok při zakryté hlavici). Referenční textilie - modrá polypropylenová tkanina, je již na oficiálním německém Skin Modelu předem proměřena, známe tedy hodnotu, které má přístroj ukázat a podle ní pak nastavíme zesílení přístroje. Výparný odpor referenční textilie činí

$$p = 45\%$$

$$R_{et} = 5 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$$

Po zobrazení výše uvedených hodnot byl přístroj pomocí tlačítka „calibrate“ okalibrován.

#### Měření

Měřený vzorek musel být nejdříve pojmenován. Měření probíhalo vždy prvně bez vzorku a poté se vzorkem, tento proces byl opakován třikrát. Z naměřených tří hodnot byla provedena statistika. Ze statistiky byly zjištěny hodnoty:

Relativní paropropustnost – p [%]

Variační koeficient relativní paropropustnosti – CV [%]

Výparný odpor –  $R_{et}$  [Pa·m<sup>2</sup>/W]

Variační koeficient výparného odporu – CV [%]

### 2.2.2 Měření v klimatické komoře

Pro zajištění vyšších teplot a vlhkostí, bylo třeba vložit přístroj do speciální klimatické komory, která již byla popsána. Šířka přístroje odpovídala téměř přesné šíři komory. Pouze vývod vzduchového kanálu přístroje musel být umístěn do vývodového místa, takzvanou průchodkou, která byla izolována gumovou uzavírací zátkou. Tímto místem byly vedeny i dva kabely z přístroje, jeden do počítače a druhý do elektřiny. Po zapnutí komory byly na displeji postupně nastaveny podmínky pro měření:

Teplota vzduchu 28<sup>0</sup>C, relativní vlhkost vzduchu 40%,  
teplota vzduchu 35<sup>0</sup>C, relativní vlhkost vzduchu 40%,  
teplota vzduchu 22<sup>0</sup>C, relativní vlhkost vzduchu 65%,  
teplota vzduchu 28<sup>0</sup>C, relativní vlhkost vzduchu 65%,  
teplota vzduchu 35<sup>0</sup>C, relativní vlhkost vzduchu 65%.

### Kalibrace

Přístroj byl nejdříve okalibrován při teplotě a vlhkosti odpovídající místnosti - 22<sup>0</sup>C, 40%. Postup kalibrování byl stejný, jako bylo uvedeno výše.

Poté byla komora uvedena do provozu a nastavena na požadovanou teplotu a vlhkost. Těmto podmínkám byla poté vystavena jak měřicí hlavice, tak vzduch proudící nad vzorkem v kanále. Tím byly zajištěny izotermní podmínky. Po ustálení hodnot se kalibrovalo ještě jednou, ale za těchto nových podmínek. Postup kalibrování byl stejný.

### Měření

Před samotným měřením byl vzorek pojmenován. Měření probíhalo vždy prvně bez vzorku a poté se vzorkem, tento proces byl opakován třikrát. Z naměřených tří hodnot byla provedena statistika. Ze statistiky byly zjištěny hodnoty:

Relativní paropropustnost – p [%]

Variační koeficient relativní paropropustnosti – CV [%]

Výparný odpor –  $R_{et}$  [Pa\*m<sup>2</sup>/W]

Variační koeficient výparného odporu – CV [%]

Při každé manipulaci se vzorkem musela být komora otevřena. Působením podmínek z místnosti vždy vlhkost a teplota klesla. Při nastavených vysokých teplotách a vyšší míře relativní vlhkosti byla tato nežádoucí změna obzvlášť rapidní. Před stisknutím tlačítka start muselo být vždy vyčkáno, než komora opět ustálí podmínky. Ustálení trvalo většinou okolo tří minut, tím se měření prodloužilo.

Koncepce komory zahrnuje velmi vysokou turbulenci v kontrolovaném prostoru. Tato turbulence se promítla do nasávacího ústrojí PERMETESTU a negativně ovlivňovala výsledky. Musely být proto použity umělé překážky, abychom tento stav odstranili.

Klimatická komora Vötsch byla na Katedře hodnocení textilií poprvé použita k experimentálním účelům tohoto typu. Bylo třeba řádně prostudovat návod k použití a s obsluhou se naučit. Experiment byl tímto zdržen o několik dní.



### 2.2.3 Výpočty

Přístroj PERMETEST dokáže naměřené hodnoty statisticky vyhodnotit. Spolu s výparným odporem vykáže i hodnotu variačního koeficientu CV. Ten jsme použili pro další výpočty.

#### 2.2.3.1 Variační koeficient CV

Variační koeficient CV je podílem směrodatné odchylky a střední hodnoty. Určuje míru rozptýlení dat v oblasti střední hodnoty v procentech. Pomocí vzorce pro variační koeficient byla spočítána směrodatná odchylka.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} * 100[\%] \quad (24)$$

Hodnotu CV jsme zjistili z přístroje, dále jsme do vzorce dosadili střední hodnotu  $\bar{x}$  a dopočítali směrodatnou odchylku s. [10]

#### 2.2.3.2 Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka určuje míru rozptylu od střední hodnoty. Je zobrazena ve stejných jednotkách jako měřená veličina. V našem případě tedy v Pa\*m<sup>2</sup>/W. [10]

#### 2.2.3.3 Interval spolehlivosti

Interval spolehlivosti pro danou veličinu je takový interval od střední hodnoty, v němž se veličina nachází s pravděpodobností 1 -  $\alpha$ . V našem případě bylo za veličinu  $\alpha$  dosazena hodnota 0,05. Šlo tedy o 95% interval spolehlivosti. Byla spočítána horní a dolní hodnota intervalu spolehlivosti. Vzorec pro výpočet:

$$\bar{x} \pm 1,96 * \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (25)$$

n...počet měření

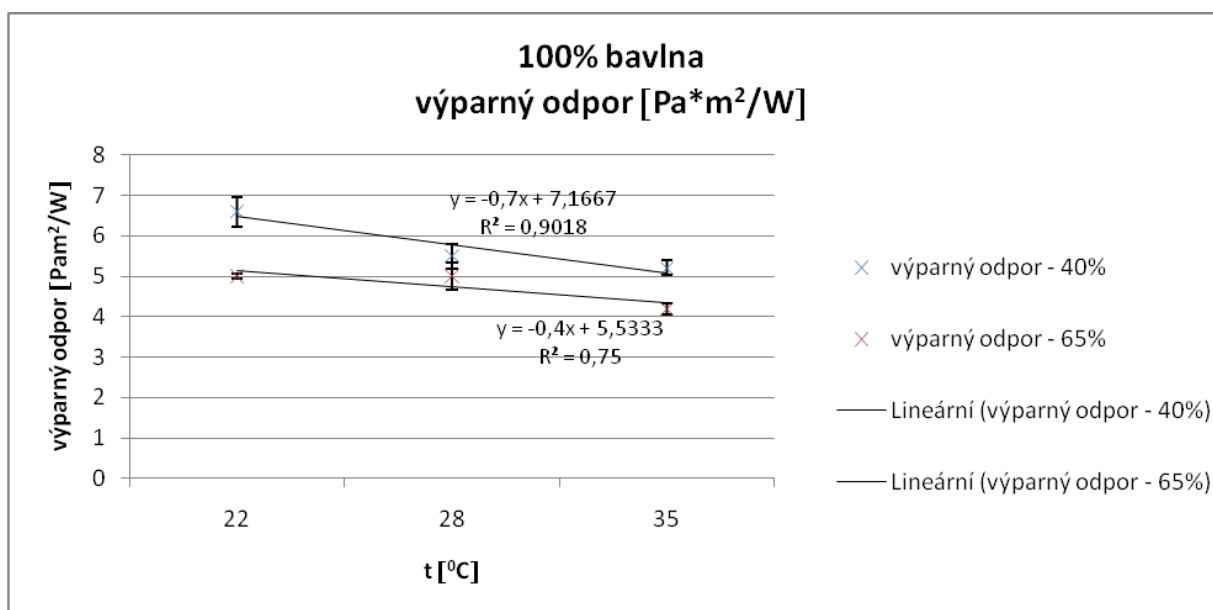
[10]

## 2.2.4 Výsledky měření

## 2.2.4.1 100% bavlna

	výparný odpor $\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W}$	CV %	směrodatná odchylka	interval spolehlivosti
22 <sup>0</sup> C 40%	6,6	4,9	0,323	0,366
28 <sup>0</sup> C 40%	5,5	4,9	0,269	0,304
35 <sup>0</sup> C 40%	5,2	3,1	0,161	0,182
22 <sup>0</sup> C 65%	5	0,9	0,045	0,051
28 <sup>0</sup> C 65%	5	5,7	0,285	0,323
35 <sup>0</sup> C 65%	4,2	2,8	0,118	0,134

Tab. 1 – Výparný odpor 100% bavlna

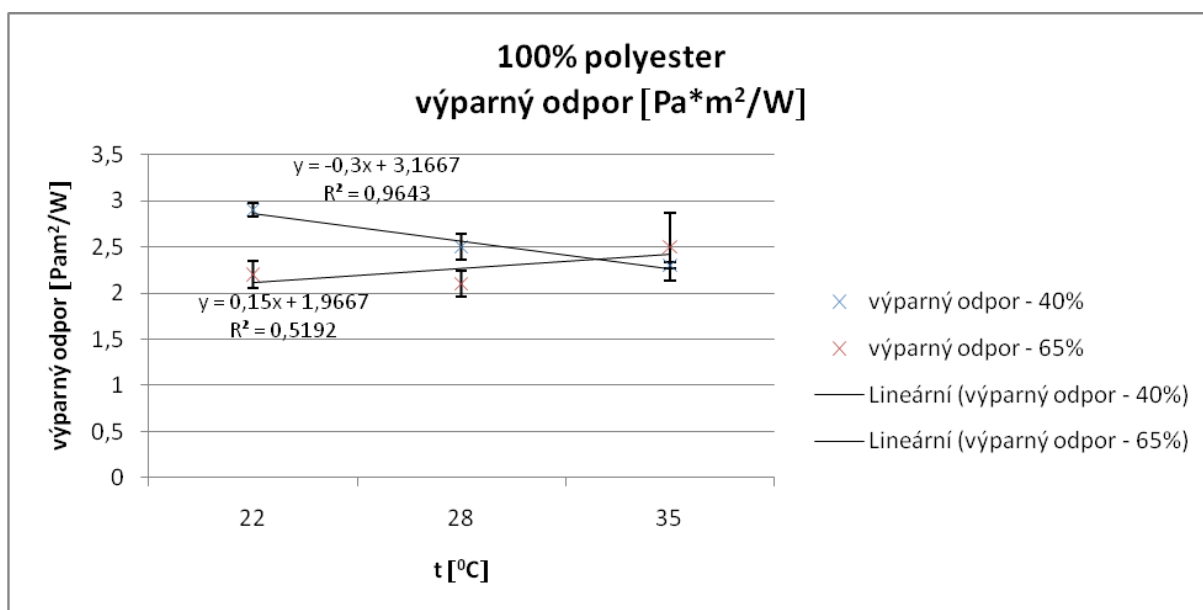


Graf č. 1 – Výparný odpor 100% bavlna

## 2.2.4.2 100% polyester

	výparný odpor	CV	směrodatná odchylka	interval spolehlivosti
	Pa*m <sup>2</sup> /W	%		
22°C 40%	2,9	2,2	0,064	0,072
28°C 40%	2,5	4,8	0,12	0,136
35°C 40%	2,3	1,2	0,028	0,032
22°C 65%	2,2	5,7	0,125	0,141
28°C 65%	2,1	5,9	0,124	0,140
35°C 65%	2,5	13	0,325	0,368

Tab. 2 – výparný odpor 100% polyester

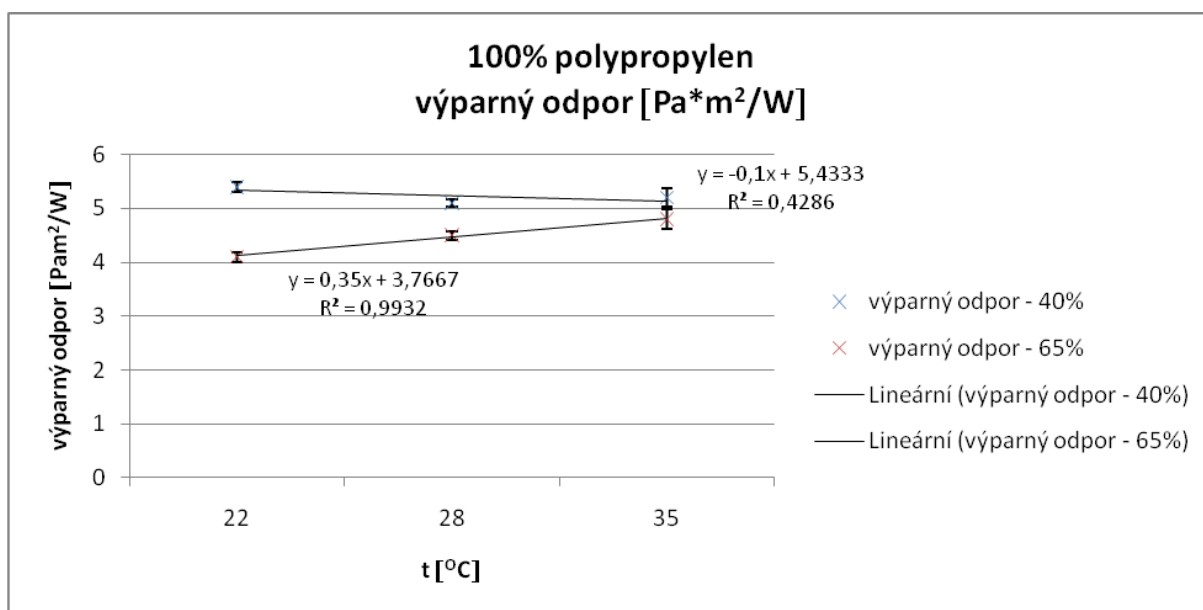


Graf č. 2 – výparný odpor 100% polyester

## 2.2.4.3 100% polypropylen

	výparný odpor	CV	směrodatná odchylka	interval spolehlivosti
	Pa*m <sup>2</sup> /W	%		
22 <sup>0</sup> C 40%	5,4	3	0,162	0,183
28 <sup>0</sup> C 40%	5,1	7,2	0,367	0,415
35 <sup>0</sup> C 40%	5,2	4,7	0,244	0,276
22 <sup>0</sup> C 65%	4,1	2	0,082	0,093
28 <sup>0</sup> C 65%	4,5	1,5	0,068	0,077
35 <sup>0</sup> C 65%	4,8	3,3	0,158	0,179

Tab. 3 – výparný odpor 100% polypropylen



Graf č. 3 – výparný odpor 100% polypropylen

### 2.2.5 Závěr z měření na PERMETESTU

Z analýzy plyne, že vliv rozdílu parciálních tlaků vodní páry i vliv slabé změny výparného tepla s teplotou na údaj přístroje provozovaného mimo klimatickou komoru je plně kompenzován kalibračním postupem.

Zůstává však závislost údajů na změně geometrie vzorků dané sorbcí vlhkosti do zkoušené textilie, která se v důsledku zbotnění změní. Je zde i vliv tvorby vodního filmu na povrchu vláken. Tyto změny pak závisí jak na vlhkosti vzduchu, tak na jeho teplotě.

Z výše uvedených diagramů plyne, že hodnoty Ret registrované přístrojem do jisté míry závisí na teplotě a vlhkosti vzduchu proudícího kolem měřeného vzorku, kromě případu měření na polypropylenu, kde vliv teploty byl nulový. U bavlněné tkaniny byla tato závislost očekávána. Konstruktor přístroje již dříve pro tyto případy doporučoval použití bavlněné kalibrační tkaniny, vedle běžně používané tkaniny polypropylenové.

Překvapením byla zjištěná závislost hodnot Ret pro tkaninu polyesterovou. Při vyšších teplotách a vlhkostech polyester přijal vlhkost do svého povrchu, což se projevilo viditelnými mokřými místy na tkanině. Přístroj následně zareagoval vyšší hodnotou variačního koeficientu CV. Tento stav vidíme z tabulky při podmínkách 35<sup>0</sup>C a 65% vlhkosti. Lze v prvním přiblížení konstatovat, že husté tkaniny z tohoto materiálu také absorbují kapalnou vlhkost. Při obsluze klimatické komory však byly pozorovány nárazové efekty doprovázené zvýšenou úrovní vlhkosti (zřejmě v důsledku regulačního procesu), které by také mohly způsobovat některé nežádoucí vlhkostní změny.

Neobvyklé chování polyesterových vzorků (viz opačné tendence vlivu vlhkosti v grafu č. 2) mohlo být také způsobeno chybou při kalibraci. Kalibrace za konkrétních podmínek teploty a vlhkosti v komoře se prováděla jen jednou, na začátku každého měřicího cyklu, kdy podmínky ještě nemusely být ustáleny. Jak plyne z měření prodyšnosti (graf č. 5), tato se při vyšší vlhkosti vzduchu v postatě nezměnila, neměla by se u tohoto hydrofobního materiálu změnit ani jeho paropropustnost. Nelze tedy v tomto případě pokládat provedená měření za konečná resp. zcela přesvědčivá. Jak již bylo zmíněno v textu, v předložené práci bylo poprvé použito přístroje PERMETEST uvnitř klimatické komory, což zpočátku vyžadovalo vyřešení řady nových problémů. Měření pro stanovení vlivu konkrétních podmínek měření (teploty a vlhkosti vzduchu obklopujícího vzorek) za použití klimatické komory bude tedy nutno v dalším výzkumu zopakovat, při aplikaci zkušeností a poznatků získaných v této práci.

## 2.3 Měření prodyšnosti pomocí přístroje TEXTEST FX 3300

Reakci tří typů materiálu – bavlny, polyesteru, a polypropylenu na změnu teploty a vlhkosti se sledovalo při měření na PERMETESTU. Pro potvrzení chování materiálů se provedlo měření také pomocí přístroje TEXTEST FX 3300. Přístroj pro měření prodyšnosti, který byl již popsán. Je instalován v laboratoři Katedry hodnocení textilií, kde jsou ustáleny klimatizační podmínky s teplotou 21 – 24<sup>0</sup>C.

### 2.3.1 Postup měření

Měřený vzorek je vložen pod upínací rameno, jehož stlačením se uvede přístroj do chodu. Během několika vteřin se na displeji zobrazí výsledek v předem stanovených jednotkách. V našem případě bylo měření provedeno v  $\text{litr/m}^2/\text{s}$ . Tlak vzduchu byl nastaven na 100 Pa.

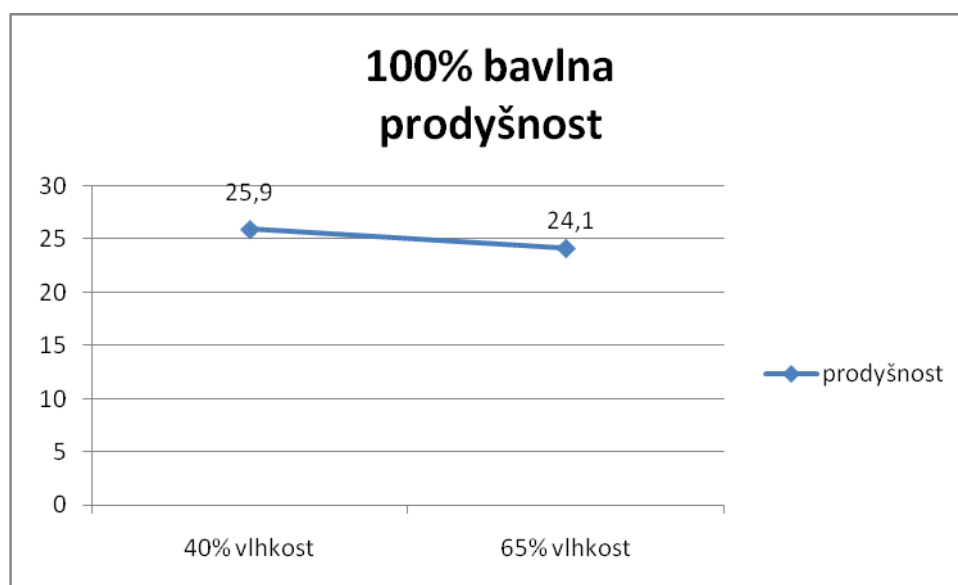
Materiály byly nejdříve změřeny za podmínek v laboratoři. Poté byla zapnuta klimatická komora Vötsch, která byla již použita při měření na PERMETESTU. Zde byly pomocí displeje nastaveny tyto podmínky – teplota 22<sup>0</sup>C a relativní vlhkost 65%. Vzorky byly vloženy do komory na dobu dlouhou 6 hodin. Během tohoto času stačily materiály přijmout vlhkost a následně dle charakteru použitých vláken změnit svou strukturu, která by se projevila při dalším měření. Výsledky jsou zobrazeny do tabulek a grafů. Následně jsou hodnoty získané ze dvou typů vlhkostí na jednom materiálu porovnány.

## 2.3.2 Výsledky a vyhodnocení měření

## 2.3.2.1 100% bavlna

	prodyšnost [ $\text{l/m}^2/24\text{hod}$ ]
40% vlhkost	25,9
65% vlhkost	24,1

Tab. 4 – prodyšnost 100% bavlna



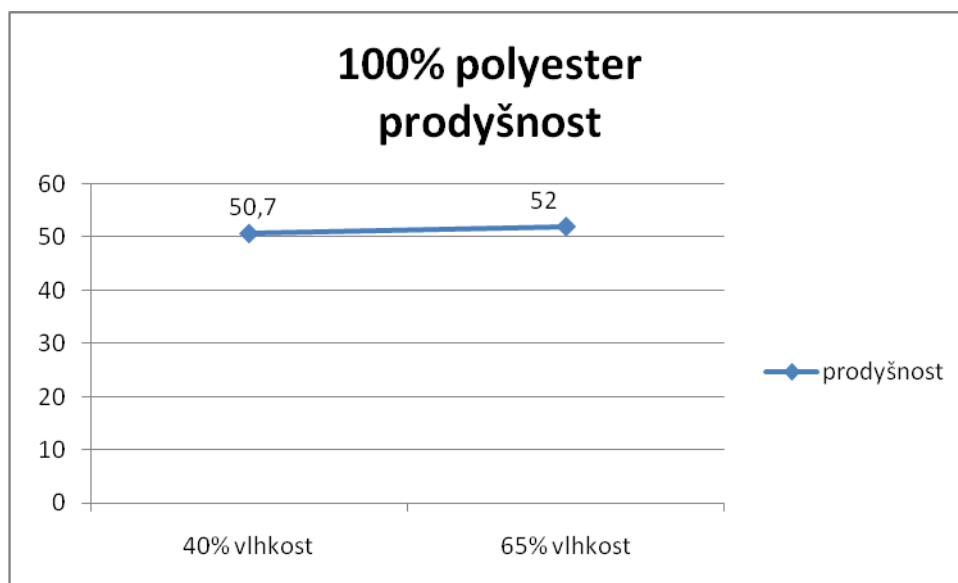
Graf č. 4 – prodyšnost 100% bavlna

Z grafu je patrné, že s vyšší mírou relativní vlhkosti v okolí se snižuje propustnost pro vzduch. Při prvním měření, tedy za vlhkosti 40% byla hodnota propustnosti 25,9  $\text{litr/m}^2/\text{s}$ . Po šestihodinovém působení vlhkosti 65% se propustnost snížila na hodnotu 24,1  $\text{litr/m}^2/\text{s}$ . Hodnota klesla o celých 1,8  $\text{litr/m}^2/\text{s}$ . Stalo se tak pomocí sorpce hydrofilních vláken, která zbotnáním změnila svou strukturu a tím zmenšila své póry. Tkanina byla následně méně propustná.

## 2.3.2.2 100% polyester

	prodyšnost [ $\text{l/m}^2/24\text{hod}$ ]
40% vlhkost	50,7
65% vlhkost	52

Tab. 5 – prodyšnost 100% polyester



Graf. č. 5 – prodyšnost 100% polyester

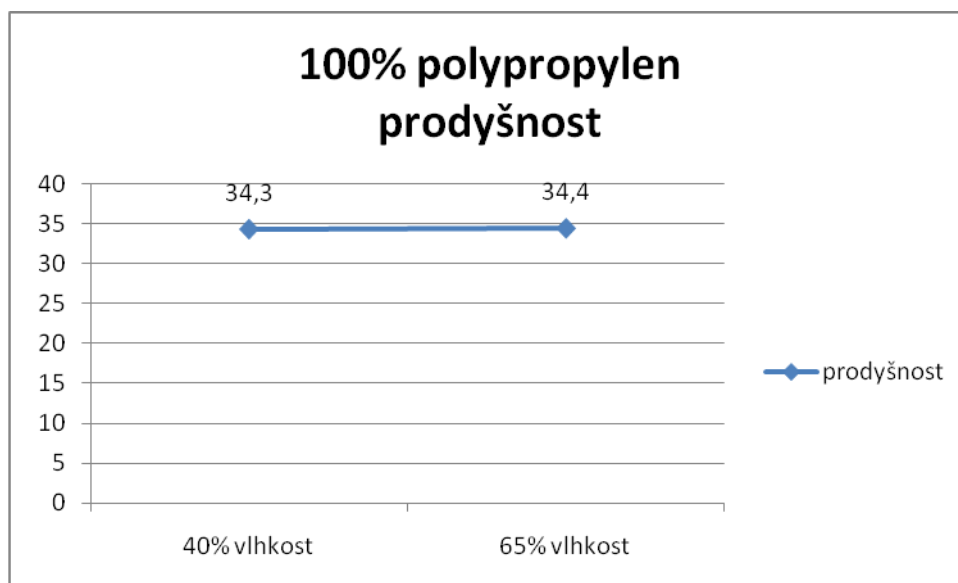
Syntetické polyesterové vlákno má velmi nízkou sorpci. Nepřijímá tedy vlhkost do struktury vlákna. Ani po šestihodinové expozici za 65-ti% vlhkosti se struktura téměř nezměnila. Naměřené hodnoty naopak vykazují zvýšení se prodyšnosti při zvýšení vlhkosti. Tento děj probíhal obdobně i při měření na PERMETESTU. Čím byla teplota a vlhkost vyšší, snižoval se výparný odpor. V grafu sledujeme hodnotu 50,7  $\text{litr/m}^2/\text{s}$  při vlhkosti 40% a hodnotu 52  $\text{litr/m}^2/\text{s}$  za vlhkosti 65%. Rozdíl mezi těmito hodnotami je 1,3  $\text{litr/m}^2/\text{s}$ .



## 2.3.2.3 100% polypropylen

	prodyšnost [ $\text{l/m}^2/24\text{hod}$ ]
40% vlhkost	34,3
65% vlhkost	34,4

Tab. 6 – prodyšnost 100% polypropylen



Graf. č. 6 – prodyšnost 100% polypropylen

Druhé měřené syntetické vlákno - polypropylen, které nevykazuje příliš dobrou sorpci, má za následek téměř neměnné hodnoty při dvou různých vlhkostech. Vlhkost tedy nijak neovlivňuje vnitřní strukturu a její propustnost pro vzduch. Při vlhkosti 40% byla naměřena hodnota 34,3  $\text{litr/m}^2/\text{s}$ . Při vlhkosti 65% byla naměřena hodnota 34,4  $\text{litr/m}^2/\text{s}$ . Hodnoty se od sebe lišily pouze o 0,1  $\text{litr/m}^2/\text{s}$ . Tento rozdíl je velmi nepatrný a potvrzuje charakteristiku vlákna.

## 2.4 Průzkum mezi českými výrobci outdoorového oblečení

Dnešní doba velkého technického pokroku, ať už v jakémkoliv odvětví, s sebou přináší vyšší náročnost lidí. Touží po jistém komfortu, který jim může být díky dnešním možnostem doprán. Ale pouze kvalitní výrobek uspokojí naše potřeby. Zaměříme-li se konkrétně na textilní průmysl, jako velký pokrok za poslední roky vidíme ve vývoji speciálních technických materiálů. Materiály nejen pro odívání, ale též pro zdravotnictví či stavebnictví. Speciální tkaniny, pleteniny či netkané textilie přináší mnoho nových výhod, kterých každý z nás velmi rád využije. Od lepších tepelných izolací, vyšší míře paropropustnosti, schopnosti odolávat dešti, větru či slunci, to jsou charakteristiky dnešních takzvaných chytrých textilií, které nám určitým způsobem usnadňují život.

Uvedené parametry charakterizující výrobek, by měly být podloženy fakty, které výrobce vypouští spolu s výrobkem na trh. Proto by měla být každá kvalita výrobku prověřena pomocí důkladnému testování. Pro testování kvality materiálů jsou vyvinuty různé měřicí přístroje a metody, které jsou používány ve výzkumných centrech. Otestování materiálu představuje výdej finančních prostředků a také obětování času.

Za účelem zjištění odpovědi na otázku: „Jakým způsobem české textilní firmy testují kvalitu svých výrobků?“, byl proveden menší průzkum dnešního trhu. Byl zaměřen na značky vyrábějící outdoorové oblečení. Průzkum byl většinou realizován prostřednictvím internetových stránek či e-mailu. Jelikož se ale jedná o know how firmy, neradi podávali tak citlivé informace. Pouze jediná nejmenovaná liberecko – jablonecká značka byla ochotna poskytnout tato fakta podrobně. S ní byla provedena osobní schůzka, jejíž výsledky budou uvedeny v textu níže.

### 2.4.1 Popis průzkumu

Celkem bylo vybráno deset českých výrobců s vybavením pro outdoorové aktivity. Většinou se jedná o sporty typu horolezectví, lyžování, běh, turistika a jiné. Do výroby těchto typů značek přirozeně patří funkční materiály s různým typem membrán či zátěrem, které by měly nositele ochránit před nepříznivými klimatickými podmínkami. Tyto typy značek byly pro práci vybrány z důvodu zaměření na výparný odpor, který je velmi důležitý právě pro svrchní oděvy. V následující tabulce budou vyobrazeny názvy značek a výsledky průzkumu.

## 2.4.2 Výsledky průzkumu

		sortiment					testování	
název značky	sídlo	oblečení	obuv	batohy	stany	spací pytle	přístroje	v terénu
Liberecko jablonecká	Jablonec nad Nisou	ano	ne	ne	ne	Ne	ne	ano
DIRECT ALPINE s.r.o.	Liberec	ano	ne	ne	ne	ne	ano	ano
Pinguin	Náchod	ano	ne	ano	ano	ano	ne	ano
Loap	Praha	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Hannah, a.s.	Plzeň	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
KLIMATEX, a.s.	Brno	ano	ne	ne	ne	ne	ano	ano
Sensor	Svitavy	ano	ne	ne	ne	ne	ne	ano
UAX	Bernartice nad Odrou	ano	ne	ne	ne	ne	ne	ano
HIGH POINT	Sušice	ano	ne	ne	ne	ano	ano	ano
ALPISPORT	Příbor	ano	ano	ne	ne	ne	ano	ano

Tab. 7 – výsledky z průzkumu firem

[11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]

Z tabulky je znát, že všechny značky se zabývají výrobou oblečení, pouze tři z nich výrobou obuvi, batohů a stanů a výrobou spacáků se zabývají čtyři z nich. Pozitivní zjištění je, že šest z deseti se zabývá testováním pomocí přístrojů. Přístroje vlastní buď přímo ve svých výrobnách, nebo materiály posílají otestovat do speciálních výzkumných center. Většinou se jedná o značky vyrábějící spacáky, jejichž kritéria pro komfort musí být přesně dodržena.

U všech deseti značek se potvrdilo testování v terénu. Ve většině případů se jedná o tým lidí – vrcholových sportovců či zkušených horolezců, cestující po celém světě a testující oblečení, spacáky, stany a sportovní pomůcky. Jedná se o extrémní podmínky jak nejvyšších hor světa, tak podmínky na pouštích. Funkčnost materiálů je tedy testována přímo v terénu za různých klimatických podmínek.

## 2.4.3 Liberecko - jablonecká značka

Z důvodu ochrany dobrého jména nechtěla být značka jmenována. Proto o ní v následujícím textu bude zmiňováno, jako o liberecko-jablonecké značce. Prostřednictvím rozhovoru s majitelkou byly zjištěny interní informace týkající se především testování kvality.

Liberecko-jablonecká značka působí na trhu již pátým rokem. Zabývá se výrobou a prodejem sportovní, volnočasové i městské módy. Oblečení je určeno pro děti, juniory i dospělé. Vyrábí

všechny možné vrstvy, tedy od spodního prádla, přes mikiny a svetry, vesty, až po softshellové bundy či kalhoty.

### **Nákup materiálu**

Mají vytipované veletrhy, kterých se každým rokem zúčastní. Jde například o Fashion veletrh ve Francii, ISPO v Mnichově, veletrh ve Frankfurtu či Honkongu. Zde zhotoví objednávku, která je posléze převezena do Číny.

### **Výroba**

Pro hydrostatickou odolnost a vyhovující paropropustnost materiálů používá značka TPU laminace a zátěry povrchu. Požadavky pro hodnoty těchto údajů posílají do Číny, kde jsou materiály upraveny. Jakým způsobem v Číně testují tyto hodnoty, však nikdo neví. Jedná se o interní informace, které na veřejnost nikdy ani neprojdou. Konečné produkty se taktéž šijí v Číně.

### **Testování**

Po úpravě povrchu těchto materiálů se pro ukázkou posílají vzorky do České republiky. Spolu s tím zasílají i několik málo vzorků ušitého oděvu. Toho by měla každá značka využít a otestovat materiály, zda odpovídají jejich předem určeným požadavkům.

Testování může mít několik podob. Profesionální, pomocí speciálních přístrojů, které ukážou téměř spolehlivé a něco nám říkající hodnoty. Nebo může být testováno takzvaným primitivním způsobem, který využívá právě liberecko-jablonecká značka. Metody budou popsány v následujícím textu.

#### **2.4.3.1 Testování paropropustnosti**

V rychlovarné konvici se uvaří cca 0,5 litru vody, která je poté přelita do předem nachystané nádoby. Nechá se chvíli odstát pro pokles teploty. Teplota těsně před měřením není změřena, neví se tedy přesně, při jakých podmínkách se testuje. Přes okraje nádoby se uchytí testovaný materiál, který je připevněn gumičkou. Nad materiálem je drženo malé zrcadlo. Působením teploty a vlhkosti zespod se zjišťuje propustnost textilie pro vodní páry. Jsou zde sledována dvě kritéria, a to míry orosení zrcadla, a po uvolnění textilie z nádoby se sleduje množství zkondenzovaných kapiček vody z rubní strany textilie.

#### 2.4.3.2 Testování hydrostatické odolnosti

Na lící stranu zkoušené textilie se nanese několik kapek studené vody. Pomocí třecího pohybu prstů je na textilií vyvinut tlak, který by měl simulovat padající kapky deště. V podstatě jsou kapky vtírány do povrchu materiálu. Zde se sleduje kritérium množství prostupu vody do struktury materiálu. Buď je voda vázána do textilie, nebo pomocí drobných kapek na povrchu stéká pryč.

#### 2.4.3.3 Testování zdravotní nezávadnosti textilií

Jelikož liberecko-jablonecká značka vyrábí oblečení pro děti do tří let, je povinna své materiály testovat ve Státním zdravotním ústavu se sídlem v Praze. Zde je jim materiál testován za účelem chemického vyšetření – stanovení PH výluhu, stanovení volného a hydrolyzovaného formaldehydu, stanovení těžkých kovů ve výluhu či kožní snášenlivosti. Testuje se také kvalita barvení a stálobarevnost materiálu.

Pro testování je potřeba dodání vzorku materiálu o velikosti  $1\text{m}^2$ . Celková doba testu trvá okolo jednoho měsíce. Po ukončení jsou zpracovány a dodány zprávy s výsledky a hodnocením testování. Pokud výsledky vyjdou negativně, není možno materiál pro děti do tří let použít. Jelikož jednou ročně podstoupí značka kontrole ze speciálního zdravotního kontrolního ústavu, není možno tyto testy obejít. V případě nedodržení zákona týkajícího se tohoto testování by jim hrozila vysoká pokuta.

#### 2.4.3.4 Další způsob testování

Dalším způsobem, kterým testují kvalitu svého oblečení je známý způsob, který provozuje téměř každá značka s outdoorovým vybavením. Své oblečení si nechávají testovat u vrcholového sportovce, kterým je český lyžařský reprezentant. Dvakrát ročně, tedy letní a zimní kolekce, mu dodávají nové vzorky, které následně testuje. Výtky, které během užívání má, potom prezentuje majitelce značky. Ta se pomocí zpětné vazby snaží problém odstranit.

#### 2.4.3.5 Závěry z testování liberecko-jablonecké značky

Je jisté, že z tohoto způsobu testování komfortu není značka schopna zjistit přesné údaje. Testování je provedeno pouze na principu pozorování zrakem a hmatem. Výrobci z Číny uvádějí sice přesné hodnoty, avšak způsobem testování, které bylo zmíněno, není možno zjistit, zda uvádějí pravdivé informace.

#### 2.4.4 Zjištěný závěr z průzkumu

Průzkum, který byl zhotoven mezi českými výrobci outdoorového oblečení, lze hodnotit pozitivně. Hlavní zde byla otázka: „Jakým způsobem testují kvalitu svých výrobků?“ Z průzkumu je zřejmé, že většina značek obětují čas a především peníze, potřebné pro zjištění a certifikaci kvality. Většinou přístroje vlastní na svých výrobních linkách, nebo posílají materiály do výzkumných center, jako je například Textilní zkušební ústav v Brně, Institut pro testování a certifikaci ve Zlíně či Hohenstein Institute v Německu. Jak bylo zjištěno o značce DIRECT ALPINE s.r.o., ta testuje přímo na Technické univerzitě v Liberci. Část si hradí a část je realizována na vzájemné spolupráci.

Samozřejmě se na trhu vyskytují i značky, které kvalitu svých výrobků netestují. Jedná se ovšem spíše o ty malé a začínající. Oblečení nechávají vyrobit v Číně, kde testy výrobci sice provedou, uvedou hodnotu, ale zde v česku nikdo neví, jaké přístroje a metody byly použity. Důvodem netestování může být rychlé životní tempo, kdy začínající značka je na trhu nováčkem a s obtížemi stihá připravit, vyrobit a uvést na trh svou kolekci, a na testování jim již nezbyvá čas. Jiným, závažnějším důvodem je nedostatek financí, které by do testování vložili. To všechno by se muselo promítnout do ceny konečného produktu, a tím by snížili konkurenceschopnost na již tak přeplněném trhu. Otázkou je, zda prostřednictvím nekvalitního zboží neohrožují svou značku. Následné reklamace by vedly k finančním ztrátám i nespokojenosti a ztrátě zákazníků. Tento fakt by mohla být cesta k záhubě.

Za velmi pozitivní lze považovat testování v terénu, které se prokázalo u všech z deseti značek. Žádná simulace na přístroji totiž nemůže vytvořit identické podmínky jako na vrcholcích Himalájí. Speciální testovací tým vyzkouší veškeré funkčnosti oděvu přímo na těle. Na druhou stranu však nezjistí hodnoty, které změříme v laboratořích. Tyto hodnoty jsou uvedeny na štítku nového výrobku v obchodě a myslím, že žádná značka by nerada klamala své zákazníky. Proto Prof. Hes a jeho spolupracovníci v oblasti komfortu textilií tvrdí, že testování přístroji je nezbytně nutné.

Lze konstatovat, že dnešní náročný trh je zaměřený pouze na silné jedince. Kvalita jim přináší šanci přežít. Tento fakt si dobře uvědomují a snaží se neustále zlepšovat nejen kvalitu výrobků, ale i s tím související kvalitu vedení, marketingu, inovaci výrobních řad či použití nejnovějších technologií. Inovace technologií je velmi rapidní. Testování pomocí přístrojů, které dříve představovalo jistý luxus, v dnešní době znamená standard a v budoucnu se bude

jednat o automatickou činnost, využívající všechny značky na trhu. I ty malé časem pochopí, že kvalita je pro ně tím nejdůležitějším, a proto ji musí důkladně testovat. Obdržené certifikace jim zajistí důvěru zákazníků a lepší konkurenceschopnost na tuzemském i zahraničním trhu.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií, skripta TU Liberec 2005, ISBN 80-7083-926-0.
- [2] Hes L.: Doktorská (DrSc) disertační práce - Nové metody tepelných měření při optimalizaci výroby a vlastnosti textilií, TU Liberec, 1991.
- [3] ČSN EN 31092: Textilie – Zjišťování termofyziologických vlastností – měření tepelného a výparného odporu za stálých podmínek (zkouška pocení vyhřívanou destičkou).
- [4] Internetové stránky: Magazín o zdraví, [cit. 4. 12. 2009], dostupné z: <http://www.mineralfit.cz/domaci-lekar-clanek/kuze-chrani-nase-telo-900/>
- [5] Internetové stránky: E-LTex – Použití vláken – souhrn použití, [cit. 2. 12. 2009], dostupné z: <http://www.skolertextilu.cz/vlakna/index.php?page=15>
- [6] Internetové stránky: Tiskové středisko vědy, [cit. 14. 12. 2009], dostupné z: <http://www.projektmedved.eu/stredisko/node/435>
- [7] Vötsch Industrie Technik: Návod k použití klimatické komory Vötsch.
- [8] Internetové stránky: Daeil Biotech, [cit. 5. 4. 2010], dostupné z: [http://www.daeilbio.co.kr/uploadimage/00281364097\\_20070802171804/list1\\_4097.jpg](http://www.daeilbio.co.kr/uploadimage/00281364097_20070802171804/list1_4097.jpg)
- [9] Doc. Ing. Staněk J. CSc.: Textilní zbožíznalství – Vláknenné suroviny, příze, nitě, TU Liberec 2006, vydání druhé, ISBN 80-7372-147-3.
- [10] Internetové stránky: Elektronická podoba skript pro předmět Textilní zkušebnictví 1, [cit. 7. 5. 2010], dostupné z: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT1díl.pdf>
- [11] Internetové stránky: Oficiální stránky firmy DIRECT ALPINE, [cit. 19. 3. 2010], dostupné z: <http://www.directalpine.cz/>
- [12] Internetové stránky: Oficiální stránky firmy Pinguin, [cit. 19. 3. 2010], dostupné z: <http://www.pinguincz.cz/>
- [13] Internetové stránky: Oficiální stránky firmy Loap, [cit. 20. 3. 2010], dostupné z: <http://www.loap.cz/?nav=cz/home/>
- [14] Internetové stránky: Oficiální stránky firmy Hannah, [cit. 20. 3. 2010], dostupné z: <http://www.hannah.cz/cz/>
- [15] Internetové stránky: Oficiální stránky firmy Klimatex, [cit. 20. 3. 2010], dostupné z: <http://www.klimatex.cz/>
- [16] Internetové stránky: Oficiální stránky firmy Sensor, [cit. 21. 3. 2010], dostupné z: <http://www.sensor.cz/>
- [17] Internetové stránky: Oficiální stránky firmy UAX, [cit. 21. 3. 2010], dostupné z: <http://shop.uax.cz/>
- [18] Internetové stránky: Oficiální stránky firmy High point, [cit. 22. 3. 2010], dostupné z: <http://www.highpoint.cz/>
- [19] Internetové stránky: Oficiální stránky firmy Alpisport, [cit. 22. 3. 2010], dostupné z: <http://www.alpisport.cz/>



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Model reflektance, absorpance, transmittance

Obr. 2 – Schéma přístroje PERMETEST

Obr. 3 – Přístroj FX 3300

Obr. 4 – Klimatická komora Vötsch

## SEZNAM TABULEK

Tab 1 – výparný odpor 100% bavlna

Tab 2 výparný odpor 100% polyester

Tab. 3 výparný odpor 100% polypropylen

Tab. 4 – prodyšnost 100% bavlna

Tab. 5 – prodyšnost 100% polyester

Tab. 6 – prodyšnost 100% polypropylen

Tab. 7 – výsledky průzkumu firem

## SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 – výparný odpor 100% bavlna

Graf č. 2 - výparný odpor 100% polyester

Graf č. 3 - výparný odpor 100% polypropylen

Graf č. 4 – prodyšnost 100% bavlna

Graf č. 5 – prodyšnost 100% polyester

Graf č. 6 – prodyšnost 100% polypropylen

## SEZNAM PŘÍLOH

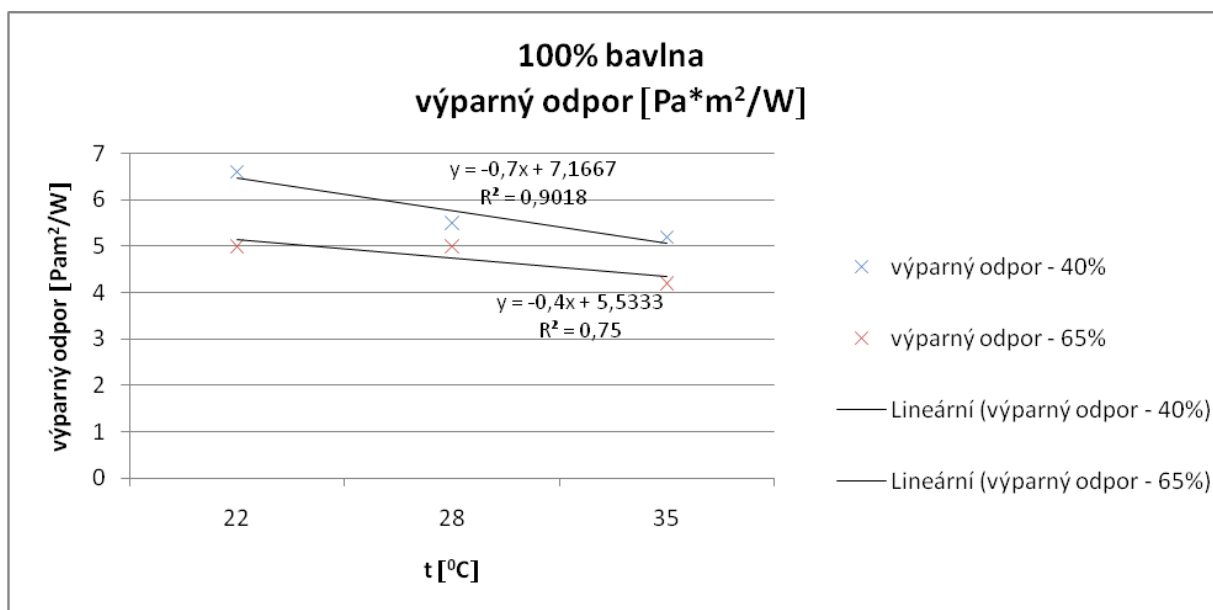
PŘÍLOHA Č. 1 – Graf výparného odporu 100% bavlny bez intervalu spolehlivosti

PŘÍLOHA Č. 2 – Graf výparného odporu 100% polyesteru bez intervalu spolehlivosti

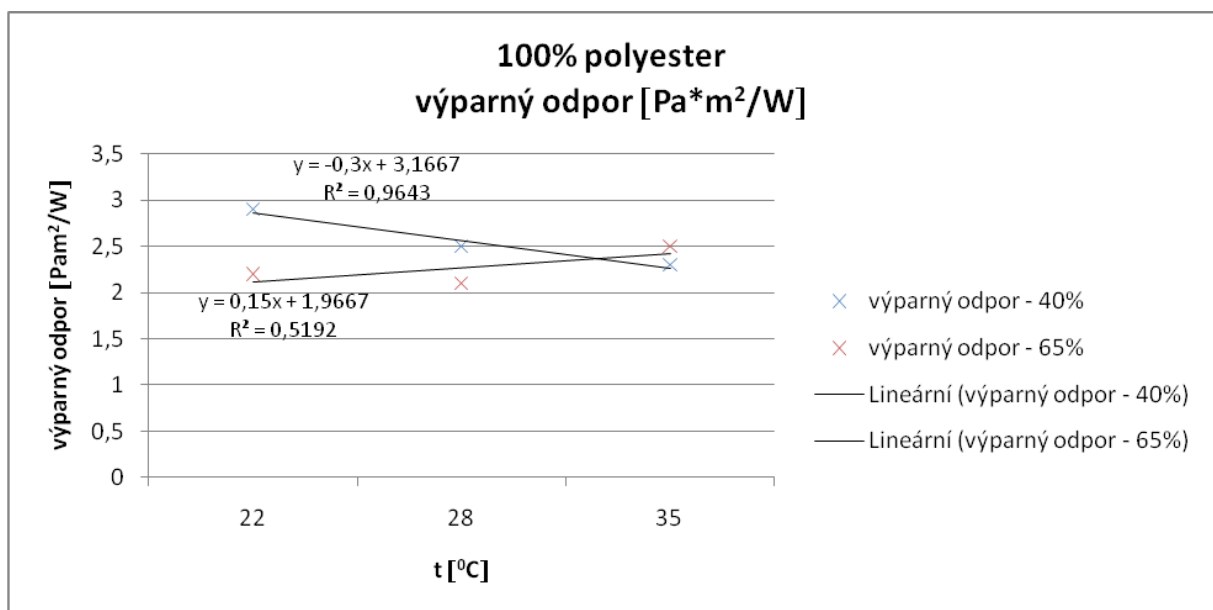
PŘÍLOHA Č. 3 – Graf výparného odporu 100% polypropylenu bez intervalu spolehlivosti

PŘÍLOHA Č. 4 – Klimatická komora s přístrojem PERMETEST

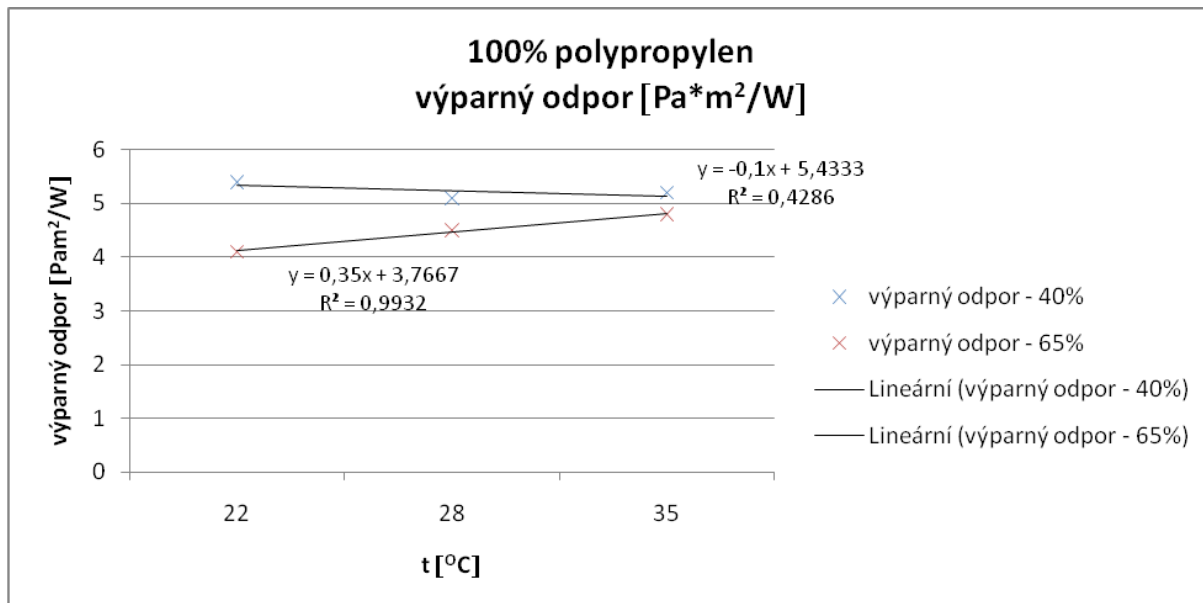
PŘÍLOHA Č. 1 - Graf výparného odporu 100% bavlny bez intervalu spolehlivosti



PŘÍLOHA Č. 2 – Graf výparného odporu 100% polyesteru bez intervalu spolehlivosti



PŘÍLOHA Č. 3 – Graf výparného odporu 100% polypropylenu bez intervalu spolehlivosti



#### PŘÍLOHA Č. 4 – Klimatická komora s přístrojem PERMETEST

